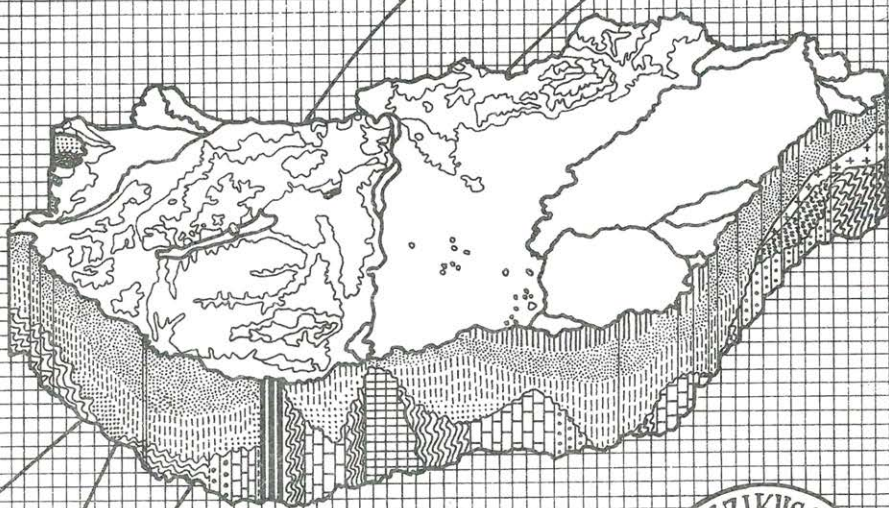


MAGYAR GEOFIZIKA

2

Freidson



A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE FOLYÓIRATA
BUDAPEST, 1980. XXI. ÉVFOLYAM, 2. SZÁM

TARTALOMJEGYZÉK

<i>Alexandrov B. L.</i> A geofizikai módszerekkel történő mennyiségi pórusnyomásbecslés délkelet-magyarországi lelőhelyeken való alkalmazásának néhány eredménye	41
<i>Szendrő Dénes:</i> Karotázsszelvények számítógépes relatív mélységegyeztetése	51
<i>Seguin M. K.:</i> Dúsítás nélkül felhasználható vasérc kutatása geofizikai módszerekkel	57
Egyesületi hírek	50, 56

Főszerkesztő: Dr. Sebestyén Károly, az MGE társelnöke

Szerkesztő bizottság: Dr. Bencze Pál, Dr. Bodoky Tamás, Czeglédi István, Deres János, Gellért Tamás, Gerzson István, Dr. Horváth Ferenc, Hursán László, Lakatos Sándor, Marton Tibor, Dr. Posgay Károly, Rádler Béla, Tóth Géza, Dr. Tóth Péter

Szerkesztőség címe: 1368 Budapest, VI., Anker köz 1. félemelet 17. Postafiók 240.

A geofizikai módszerekkel történő mennyiségi pórusnyomásbecslés délkelet-magyarországi lelőhelyeken való alkalmazásának néhány eredménye

ALEKSZANDROV B. L.*

(Sajtó alá rendezte: Komlósi Zsolt)**

A szerző 1979. április 6–26. között Magyarországon tartózkodott, s néhány magyarországi fúrás geofizikai anyagát felhasználva alkalmazta a Speciális Mélyfúrási Geofizikai Szerkesztő-Műszaki Irodában 1970–1979. között kidolgozott pórusnyomásbecslési módszert. Az eredményekről tartott beszámoló egyesületi előadás anyagát tartalmazza a cikk.

Автор был в Венгрии с 6 по 26 апреля 1979 г., и пользуясь геофизическими материалами нескольких скважин применял метод оценки поровых давлений, разработанный в Специальном конструкторско-технологическом бюро промышленной геофизики (СКТВ ПГ, г. Грозный)

The author stayed in Hungary between 6th and 26th April 1979 and he applied — using geophysical data of a few Hungarian wells — the method for estimation of pore pressure elaborated between 1970 and 1979 in the Special Well Logging Geophysical Construction and Technical Office. The paper contains the material of lecture discussing the results, held in the Association of Hungarian Geophysicists.

I. Az agyagok paramétereinek alapján történő túlnyomásos-zóna-kiválasztás fizikai előfeltételei

Mint ismeretes, az üledékfelhalmozódás és -tömörödés eredményeképpen az agyagok pórusaiból kiszorul a pórusvíz, és így az agyagok porozitása a mélységgel csökken.

Adott típusú agyag esetén minden porozitásértékhez (K_p) tartozik valamilyen σ_{eff} maximális effektív közetvázfeszültség, amelyet az agyag további tömörödés nélkül megtart. Ez természetesen az egyensúlyi állapot, amelyre a normális pórusnyomású agyagok törekednek. Ebből következik, hogy $K_p = f(\sigma_{\text{eff}})$. Figyelembe véve az agyagok tömörödését különböző terheléseknél vizsgáló laboratóriumi mérések eredményeit [5, 6] és az agyag fúrómagok sűrűségének és porozitásának függését a magrszedés helyének a mélységétől [2, 4, 9], a porozitás és effektív közetváz-feszültség közötti kapcsolatot normális tömörödési körülmények között a [3] fölhasználásával az alábbi egyenlet írja le:

$$K_p^n = K_p^0 \cdot e^{-\beta \cdot \sigma_{\text{eff}}} \quad (1)$$

* Speciális Mélyfúrási Geofizikai Szerkesztő-Műszaki Iroda (SzKTB PG) Gróznüj, Szovjetunió.

** Elhangzott a Mélyfúrási Geofizikai Szakosztály 1979. április 26-i előadói ülésén.

ahol K_p^n — az agyag porozitása az adott mélységben,
 K_p^0 — az agyag porozitása a felszínen,
 e — a természetes logaritmus alapja,
 β — a kőzet maradó alakváltozási együtthatója,
 σ_{eff} — az effektív kőzetváz-feszültség H mélységben.

Az (1) kifejezésnek megfelelően az agyagok porozitása (K_p^n) és az effektív kőzetváz-feszültség (σ_{eff}) közötti kapcsolat exponenciális.

Némileg átalakítva az (1) kifejezést, az alábbi egyenletet kapjuk:

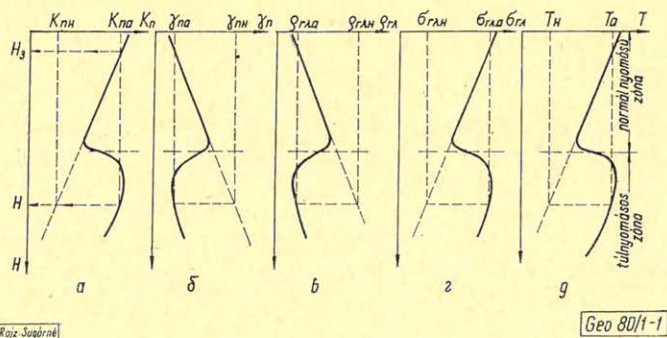
$$\lg K_p^n = \lg K_p^0 - \beta \lg e \sigma_{\text{eff}} = \lg K_p^0 - \beta \lg e H g (\gamma_{\text{psz}} - \gamma_{\text{vsz}}) = \lg K_p^0 - A H \quad (2)$$

ahol $A = \beta g \lg e (\gamma_{\text{psz}} - \gamma_{\text{vsz}}) \approx \text{const.}$

$\gamma_{\text{psz}}, \gamma_{\text{vsz}}$ — a H mélységig tartó kőzetsor illetve rétegvizek átlagos sűrűsége,
 g — a nehézségi gyorsulás.

Ezekből következik, hogy normális tömörödésű agyagoknál a $\lg K_p$ és a H települési mélység között gyakorlatilag lineáris összefüggés van.

Ha a pórusnyomás anómáisan magas, akkor a kőzetvázra kisebb effektív feszültség jut, azaz részlegesen tehermentesítődik, és ezért a $\lg K_p = f(H)$ függvény eltér a normális értékekhez viszonyítva a növekvő porozitás-értékek irányába (1 a. ábra). Ezen a jelenségen alapulnak azok a módszerek, amelyek különböző, a porozitással függvényeszerű vagy statisztikus összefüggésben álló kőzetfizikai paraméterek (a kőzetek térfogatsűrűsége, fajlagos elektromos ellenállás, illetve vezetőképesség, az akusztikus hullám terjedési sebessége, illetve intervallumideje, a másodlagos, illetve szórt gamma-intenzitás) (1. ábra), fölhasználásával kimutatják a túlnyomásos rétegek jelenlétét, illetve a pórusnyomás mennyiségi becslését adják.



1. ábra. A túlnyomásos zónák kijelölésének lehetőségei az agyagok kőzetfizikai paramétereinek mélység szerinti változása alapján

Рис. 1. Характер выделения зон АВПД по кривым изменения петрофизических параметров
 Fig. 1. Possibilities of determination of overpressured zones basing on the variation with depth of petrophysical parameters of clays

II. A nyomás becslésének és előrejelzésének módszere

Az általunk kidolgozott nyomásbecslési módszer [1], amely az agyagok kőzetfizikai tulajdonságainak kutatási eredményeit használja fel, általános fizikai előfeltételeken és módszertani feltételezéseken alapul.

A módszer lényege a következő:

1. A mag- és furadék-mérési eredmények, vagy a mélyfúrási geofizikai szelvények alapján meghatározzuk a tiszta agyagrétegek valódi paramétereit (porozitás K_p , sűrűség γ_p , fajlagos elektromos ellenállás ρ_{gl} vagy vezetőképesség σ_{gl} , intervallum-idő Δt_{gl} vagy sebesség v_{gl} , szórt gamma $I_{\gamma\gamma}$ vagy másodlagos gamma sugárzás I_{ny}). Minthogy a geofizikai szelvények a paraméterek látszólagos értékét mutatják, lyukhatás-korrekciónak kell végeznünk a valódi értékek meghatározása érdekében.

2. Ha kritikus mélységben hiányoznak az adatok, vagy nincs elegendő számú tiszta agyagréteg, akkor azokat az intervallumokat választjuk ki, amelyek agyagtartalma maximális, meghatározzuk az agyag mennyiségét, és homok – aleurit – karbonáttartalom-korrekciónak végzünk a vizsgált paraméteren.

3. Azokat a geofizikai paramétereket, amelyeket befolyásol a hőmérséklet, a nyomás, a pórusfolyadék sótartalma vagy más tényező, azonos hőmérsékletre (20 °C), azonos nyomásra (0,1 MPa) stb. kell transzformálni.

4. Megszerkesztjük az azonos körülmények közé transzformált geofizikai paraméterek (ρ_{gl} , σ_{gl} , v_{gl} , Δt_{gl} , I_{ny} , $I_{\gamma\gamma}$) vagy más petrofizikai tulajdonságok (K_p , γ_p) mélység szerinti változásának grafikonját. Ezeken a grafikonokon megfigyelhetők a mélységgel normálisan változó szakaszok, és kijelölhetők a túlnyomásos összletek.

5. A H mélységben, ahol a pórusnyomást meg akarjuk határozni, kiszámítjuk a H_e ekvivalens mélységet, amelyben ugyanakkora az adott paraméter értéke, mint a H mélységben, azaz a két mélységben megegyezik az effektív kőzetvázfeszültség és a porozitás.

6. Minthogy a H mélységben, a túlnyomásos effektív kőzetvázfeszültség ($\sigma_{eff.a}$) megegyezik az H_e ekvivalens mélységben uralkodó effektív kőzetvázfeszültséggel ($\sigma_{eff.n}$) felírható az alábbi összefüggés:

$$\sigma_{eff.n} = \sigma^e - p_n^e = g\gamma_{psz}^e H_e - g\gamma_{vsz} H_e = (g\gamma_{psz}^e - \eta_n) H_e \quad (3)$$

és

$$p_a = \sigma - \sigma_{eff.a} = \sigma - \sigma_{eff.n} = g\gamma_{psz} H - (g\gamma_{psz}^e - \eta_n) H_e \quad (4)$$

Ezek alapján a túlnyomás értéke

$$p_a = g\gamma_{psz} H - (g\gamma_{psz}^e - \eta_n) H_e \quad (5)$$

illetve kiegészítve a közelítő értékekkel:

$$p_a = \gamma_{psz} H - (\gamma_{psz}^e - \eta_n) H_e,$$

ahol σ és σ^e – a normális kőzetfeszültség (kőzetnyomás) értéke a H és H_e mélységben, kPa,

γ_{psz} , γ_{psz}^e – a H és H_e mélységig tartó kőzetsor közepes sűrűsége, kg/m³;

η_n – a pórusfolyadékok nyomásának gradiense a normál tömörödésű szakaszokon; meghatározásánál feltételezett sókoncentrációból indulhatunk ki, azonban az agyagok korát és ásványos összetételét figyelembe kell venni;

g – a nehézségi gyorsulás = 9,81 \approx 10 m/s².

Módszerünk, mint K. Magara módszere [7, 8] felhasználja az ekvivalens mélység alapelvét, amelyet J. B. Foster és H. E. Whalen [9] alkalmazott első ízben. Azonban a fentebb leírt módszer és J. B. Foster — H. E. Whalen illetve K. Magara módszere között lényeges különbség van, ami az alábbi ajánlásokban nyilvánul meg:

- nemcsak a formációfaktor ([9] módszer, illetve a porozitás [7, 8] módszerek) használható föl, hanem az agyagok bármelyik közetfizikai paramétere;

- minden egyes konkrét kútban meghatározza a H illetve H_e mélységig tartó rétegsor súlyozott közepes sűrűségét (γ_{ps} ; γ_{ps}^e) a közetsűrűség mélység szerinti változásának törvényszerűségét figyelembe véve, azaz a normálynomású szakaszok nagyobb sűrűségértékkel, a túlnyomásos szakaszok kisebb sűrűségértékekkel szerepelnek, és figyelembe veszi a kőzetek korát és a földtörténeti idők során esetlegesen lepusztított üledék vastagságát is;

- a pórusnyomás számítása során figyelembe veszi a hőmérséklet és a nyomás hatását az adott geofizikai paraméterre a teljes rétegsorban, és nem használ a túlnyomásos zónában olyan föltételezett paramétereket, amelyek normális nyomásviszonyok esetén adódnának.

Ilyen módon az (5) kifejezést univerzálisnak tekinthetjük, ami nem függ az alkalmazott szelvényezési módszertől, és elegendő pontossággal adja meg a túlnyomásos zónában uralkodó nyomás értékét.

Meg kell jegyeznünk, hogy ahhoz, hogy megbízható közepes normálfeszültség értékekhez jussunk, korrigálni kell a hőmérséklet, a nyomás és a homok-karbonát tartalom hatását, meg kell határozni az adott közetfizikai paraméter mélység szerinti változásának törvényszerűségét normál tömörödési körülmények esetére, és grafikon, paletka vagy feldolgozási előírás formájában figyelembe kell venni más tényezők hatását is; ezen feladatok megoldása is a mennyiségi nyomásbecslés szerves részét alkotják.

III. *A geofizikai adatok alapján történő mennyiségi pórusnyomásbecslési módszer délkelet-magyarországi lelőhelyeken való kipróbálásának eredményei*

A mennyiségi nyomásbecslő módszert a Nagyalföld pannonmedencéjének lelőhelyein próbáltuk ki. Két szerkezeti öv hat fúrásának az anyagát dolgoztuk föl, nevezetesen:

Szeged-Békési szerkezet — Makó — 1. és — 2., valamint az Üllés — 11.;

Villányi — Bihari szerkezet — Kiskunhalas — 4., Komádi — 12., és Álmósd — 2. A nyomásbecslést az elektromos ellenállásszelvények alapján végeztük. Az agyagok fajlagos ellenállását a rövid normál és az optimális aterológ szelvények fölhasználásával határoztuk meg. Az akusztikus szelvényeket nem alkalmaztuk a pórusnyomás meghatározása során, mert azokat nem vették föl a teljes fúrás hosszában, és a szelvények minősége sem volt kielégítő.

Az adatok feldolgozásához szükséges litológiai tagolásnál és az agyagok kiválasztásánál a teljes mélyfúrási geofizikai szelvénykomplexumot (SP, TG, NG, mikrológ, lyukátmérő stb.) fölhasználtuk.

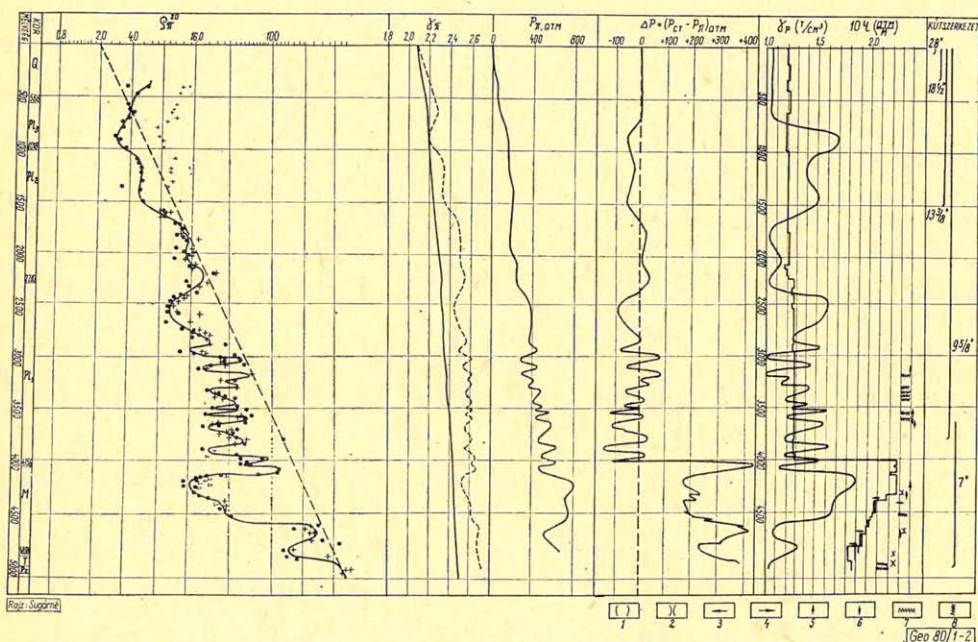
A geofizikai anyagok feldolgozásának eredményei és a feltárt túlnyomásos zónák arról tanúskodnak, hogy a különálló tektonikai szerkezeteken belül meghatározott törvényszerűségek alapján ment végbe az üledékfölhalmazódás. A túlnyomásos zónák kijelölésével kapcsolatos elemzéseinket a szerkezeti övek szerint az alábbiakban írjuk le.

A feldolgozott fúrások közül a legérdekesebb a nagymélységű Makó – 2. fúrás (5060 m mély), amelyik nagy vastagságban (566 – 4156 m között) határolja a pliocén összletet, illetve a miocén üledékeket (4156 – 4898 m között). A rétegsor alját triász (T) és paleozoós (Pz) üledékek alkotják. A porusnyomásbecslés alapján a fúrólyuk rétegsorában három túlnyomásos zónát különíthetünk el (2. ábra):

I. zóna: 700 – 1600 m között a felső pliocén és a felső-pannon felső részén;

II. zóna: 2350 – 4030 m között az alsó-pannonban;

III. zóna: 4100 – 4600 m között a miocén fedőösszlettől a miocén középső részéig.



2. ábra. A geofizikai szelvények alapján történő porusnyomásbecslés eredménye a Makó – 2. fúráson

Jelmagyarázat: 1 – lyukfalomlás, 2 – szerszámmegszorulás, 3 – iszapvesztesség, 4 – iszapgázosodás, 5 – szerszámmeghúzás, 6 – szerszámförlülés, 7 – utánfúrás (szűkülelnél) 8 – utánfúrás

Рис. 2. Пример результатов оценки поровых давлений по материалам геофизических исследований по скважине № 2 пл. Мако Условные обозначение:

1 – обвал ствола, 2 – прихват инструмента, 3 – поглощение раствора, 4 – проявление скважины, 5 – затяжка инструмента, 6 – посадка инструмента, 7 – проработка интервала, 8 – перебуривание интервала

Fig. 2. Results of pore pressure estimation basing on geophysical logs in Makó – 2. boring. Legend: 1 – holewall caving, 2 – instrument sticking, 3 – mud-loss, 4 – mud gassing, 5 – instrument drawing, 6 – instrument, 7 – reboring (narrowing), 8 – overboring

A $\rho_{\text{gl}}^{20} = f(H)$ normál tömörödéssel jellemző egyenest a felső-pannon alsó felének agyagain, egyes alsó-pannon rétegeken valamint a miocén és palaeozoos agyagokon és agyagpalákon húzhattuk meg.

Mint a 2. ábrán látható, az I. túlnyomásos zóna maximális nyomásgradiense eléri a 15–17 kPa/m értéket. A rétegsornak ezt a részét 1,2–1,22 t/m³ sűrűségű iszappal fúrták át. A hidrosztatikus nyomást 4 MPa-lal meghaladó depresszió miatt sem jelentkezett lyukfalomlás, mivel rövid idő alatt fúrták le a szakaszt, és 1500 m-ben elhelyezték a 13 3/8''-os beléscsővet. A II. zóna maximális gradiense 16–16,3 kPa/m. A fúróiszap sűrűsége 1,28 t/m³ volt, s így a túlnyomásos összletben 8–13,6 MPa depresszió jött létre. Ennek következtében romlott a lyukfal állékonyasága, ami az utánfúrásokban és szerszámszorulásokban mutatkozott meg. (2. ábra). A Makó–1-es fúrásban hasonló volt a helyzet, és az I. és II. túlnyomásos zónákban számolt értékek is megegyeztek. Ezt követően a III. túlnyomásos zóna megnyitásakor a lyuk beindult, s csak 2,25 t/m³ sűrűségű iszappal lehetett elfojtani. Sajnos, a karotázsanyag hiánya miatt, a Makó–1. fúrásnak ezen a szakaszán nem tudtuk meghatározni a pórusnyomást.

A Makó–1-en történtek alapján a 2. fúrásakor a III. zóna megütése előtt idejében felemelték az iszap sűrűségét 2,25 t/m³-re, s csak azután a további mélyítés során fokozatosan csökkentették le 1,8 t/m³-re. A pórusnyomásbecslés alapján kapott nyomásgradiens szelvény nagy vonalakban követi a fúróiszap-fajsúly-szelvényt, úgy hogy alatta halad, azaz valószínűleg túlnehézített iszapot használtak, amelyek a hidrosztatikus nyomást 20 MPa-lal, illetve helyenként 40 MPa-lal haladta meg. Ez szintén nem kívánatos jelenség, s feltehetőleg ez okozta a fúrás során fellépő nehézségeket, az iszapveszteségeket, a szerszámszorulásokat, az utánfúrásokat (2. ábra).

A 2270 m mélységű Üllés–11. fúrás szintén a miocén összletet harántolta, csak kisebb vastagságban, s a miocén fedő összlete is vékonyabb volt. A pórusnyomásbecslés alapján a Makó–2-höz hasonlóan itt is három túlnyomásos zónát jelölhetünk ki:

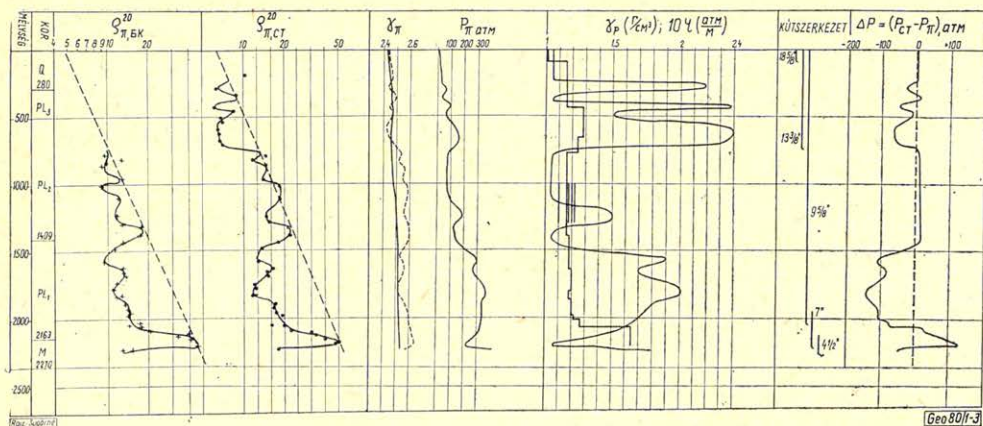
I. zóna: 250–730 m között a felső-pliocén és a felső-pannon felső részén;

II. zóna: 1500–2100 m között az alsó-pannon határánál;

III. zóna: a 2210 m mélységtől kezdődően a miocénben.

Az I. túlnyomásos zóna átfúrása során, a nagy nyomásgradiens ellenére, amelynek értéke a geosztatikust is elérte, semmilyen fúrási nehézséget sem tapasztaltak, hacsak ide nem számítjuk az 1,15 t/m³-es iszapsűrűség tudatos, vagy véletlenszerű fölemelését, 1,25–1,27 t/m³-re a 430–770 m közötti mélységben. Bár a pórusnyomás-gradiens igen nagynak mutatkozott ebben a zónában, a hidrosztatikus értékhez viszonyított 5,1–6,7 megapascalnyi depresszió nem túl jelentős, s ha még a gyors átfúrási időt (a 13 3/8''-os beléscsővet 750 m-be tették) figyelembe vesszük, akkor elfogadhatjuk azt, hogy semmilyen fúrási nehézség sem volt.

A II. túlnyomásos zóna kevésbé jelentős, a pórusnyomás-gradiens maximális értéke 18–20 kPa/m, azonban ezt az összletet könnyű iszappal fúrták (1,2 t/m³), s mivel a települési mélység lényegesen nagyobb, az adódó depresszió értéke a 11,1–14,4 MPa-t is eléri (3. ábra). Ez közvetlenül hatott a lyukfal állékonyaságára, ami a fúrás közbeni szorulásokban, többszörös utánfúrásokban jelentkezett, különösen az 1800 m-es fúrási talp közelében, ahol is a legnagyobb a nyomásgradiens, és ezzel a depresszió is.



3. ábra. A geofizikai szelvények alapján történő pórusnyomásbecslés eredménye az Üllés – 11. fúráson

Рис. 3. Пример результатов оценки поровых давлений по материалам геофизических исследований по скважине № 11 пл. Юлеш

Fig. 3. Results of the pore pressure estimation basing on geophysical profiles in the Üllés – 11. boring

A legjellegzetesebb jelenségek:

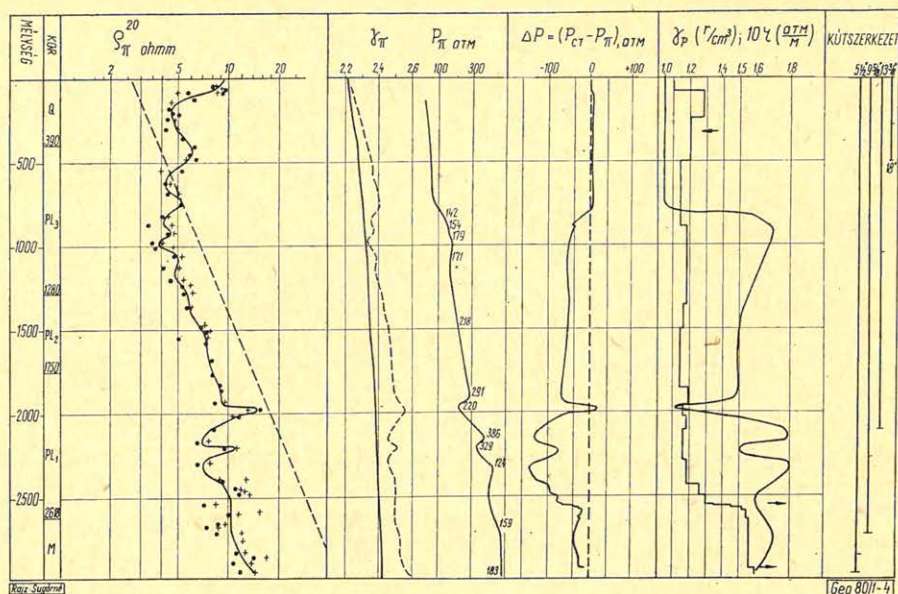
- 1767 m-es talpnál az 1696 – 1684 m között megszorult a szerszám és csak 30 t terhelésre szabadult meg;
- 1853 m-es talpnál az 1740 – 1853 m közötti intervallumban utána fúrtak;
- 1973 m-es talpnál a szerszám 1800 m-ben megszorult és 20 t terhelésre szabadult meg;
- 1973 m-es talpnál utánfúrtak az 1745 – 1949 m-es intervallumon;
- 2007 m-es talpnál utánfúrtak az 1949 – 1973 m-es intervallumon;
- 2060 m-es talpnál utánfúrtak az 1956 – 2060 m-es intervallumon.

Tovább fúrni csak a 9 5/8"-os bélés-csővezetés után (2050 m-ben) lehetett 1,64 t/m³ fajsúlyú nehezített iszappal. Azonban ez a nehéz iszap csak a 2050 – 2150 m között volt kedvező, mivel 2200 m-ben iszapveszteség lépett föl. Itt a pórus (réteg)-nyomás hidrosztatikusnak bizonyult, aminek következtében az iszapnyomás 12,5 MPa-s depressziót hozott létre, s valószínűleg ez repesztette föl a réteget. A fentiek miatt lecsökkentették az iszap-sűrűséget 1,58 t/m³-re, s időnek előtte 2210 m-ben helyezték el a 7"-os bélés-csővet.

A III. túlnyomásos zóna, amelyet a geofizikai módszerekkel csak a miocén breccsiák közé ékelődött agyagrétegen lehetett kimutatni, szintén jól korrelálható a Makó – 2-n észlelt III. túlnyomásos zónával.

Villányi – Bihari szerkezet

A szerkezet geofizikai anyagainak feldolgozása alapján gyakorlatilag egy túlnyomásos zóna mutatható ki, mely a pliocén és miocén rétegeket foglalja magába, azonban a pórusnyomás értékét a teljes rétegsorra meghatároztuk



4. ábra. A geofizikai szelvények alapján történő pórusnyomásbecslés eredménye a Komádi – 12. fúráson

Рис. 4. Пример результатов оценки поровых давлений по материалам геофизических исследований по скважине № 12 пл. Комádi

Fig. 4. Results of the pore pressure estimation basing on geophysical profiles in the Komádi – 12. boring

(4. ábra). A Komádi – 12. fúrásban 800 m-ben kezdődik a túlnyomásos összlet, amelynek felső részén (800–2100 m) a 13 3/8"-os béléscső intervallumában a nyomásgradiens 15–17 kPa/m. A fúrás során 1,15–1,18 t/m³ sűrűségű iszapot használtak, s így a hidrosztatikus nyomáshoz képest 5–6 MPa depresszió keletkezett. Ez a depresszió nagyság, feltehetőleg a gyors átfúrás és azonnali béléscsővezetés következtében, nem bontotta meg a lyukfal egyensúlyát.

A további 9 5/8"-os szakaszon a pórusnyomás-gradiens értéke elérte a 17–18 kPa/m-es értéket, ami a 2100–2400 m közötti mélységben 13–14 MPa depressziót jelent. Emiatt fokozatosan fölemelték az iszapsűrűséget 1,3 – majd a továbbiakban 1,55 t/m³-re. Ezzel a depresszió értéke 5–6 MPa-ra csökkent, azonban már ez is elegendőnek mutatkozott arra, hogy megszorulások és utánfúrások formájában nehézségek lépjenek föl, feltehetőleg annak következtében, hogy a kezdeti nagy depresszió a lyukfal környezetében diszlokációkat, fellazulásokat hozott létre. Ilyen körülmények között a kőzetek nem állékonyak, különösen akkor, ha a depresszió mértéke a kritikus alá esik. A miocén átfúrásakor tapasztalat többszöri iszapgázosodás is azt bizonyítja, hogy a pórusnyomás meghaladta a hidrosztatikus értéket.

Az Álmosd – 2. és a Kiskunhalas – 4. fúrások anyagának feldolgozási eredményeként hasonló lefutású pórusnyomás-gradiens szelvényeket kaptunk, és a fúrási nehézségek is hasonlóképpen kapcsolódtak a depressziós nyomás-szelvény változásaihoz.

Az eddigiek alapján a geofizikai adatok felhasználásával történő mennyiségi pórusnyomásbecslő módszer [1] kipróbálása, véleményünk szerint, sikeres volt. Ez arra ösztönöz, hogy szélesebb körben is kipróbálják a mennyiségi nyomásbecslő módszert, bevezessék a magyarországi lelőhelyek fúrásának ipari gyakorlatába is.

A különböző képzettségű szakemberek, akik így vagy úgy vélekednek a túlnyomás kérdéséről, valószínűleg nem kételkednek az alsó-pannon és a miocén üledékek túlnyomásos jellegében, azaz a Szeged – Békési szerkezetben kijelölt II. és III. túlnyomásos zónák meglétében. Az I. zónát, azaz a felső-pliocén és felső-pannon túlnyomásos összletet illetően meg kell jegyezni a következőket. Ez az összlet homok-, és erősen homokos agyagrétegek váltakozásából épül föl. Az ilyen rétegsorban az agyakok tömörödése során könnyen eltávozik a pórusfolyadék a permeábilis kőzetekbe. A pórusnyomás ilyen körülmények között, feltehetőleg a fiatal agyakok uralkodóan montmorillonitos összetétele következtében, mégis megmaradhat. Ezt bizonyítja sok publikált irodalmi forrás, és a saját kutatási eredményeink is, amelyek azt mutatták, hogy a fiatal (pliocén korú) agyakok összetétele gyakran uralkodóan montmorillonitos. Ebből az következik, hogy olyan erős adszorpciós tulajdonsággal bír a kőzet, hogy még néhány ezer atmoszféri nyomás ellenében is megtartja a pórusvizét. Ilyen körülmények között állhat elő az, hogy még a normál nyomású permeábilis rétegek közé települt kis vastagságú agyagréteg is megtartja az anomálishan magas pórusnyomását. Feltehetően ez az alapvető ok, azonban más lehetőséget sem zárhatunk ki. Véleményünk szerint a felszínközeli túlnyomásos összletek átfúrása a kis depresszió és a rövid átfúrási idő következtében nem jelent alapvető nehézséget, azonban a későbbiekben több oldalról meg kell vizsgálni ezt a kérdést, és meg kell határozni a túlnyomás mibenlétét és okát az adott szelvényrészen.

Végezetül bejelentem, hogy a magyarországi fúrások anyagát VI. Sz. Afaneszjevvel, a Mélyfúrási Geofizikai SzKTB Túlnyomás Előrejelző Laboratóriumának vezető mérnökével közösen dolgoztuk föl.

A szerző köszönetet mond a magyar szakembereknek, első sorban dr. Somfai Attilának, Tóth Zoltánnak, dr. Csaba Józsefnek, Czeglédi Istvánnak, Márhoffer Józsefnek, Győri Sándornénak, Botó Péternek, Kiss Bertalannak, Markó Lászlónak, Jordán Kálmánnak és Komlósi Zsoltnak a lehetőségért, hogy megismerkedhettem a magyarországi geológiai-geofizikai szelvények sajátosságaival és a létrehozott túlnyomás-előrejelző módszerekkel, a segítségért, amelyet itt tartózkodásunk során nyújtottak, s a kedvező körülményekért, amelyek lehetővé tették a munkájuk elvégzését, amelynek eredményeit közzétűk.

IRODALOM

- [1] Alekszandrov B. L.: Opredelenije i prognozirovanie anomalno-vüszokih plasztovüh davlenij geofiziceszkimi metodami. Tematicseszkij naucsno-tehnicseszkij obzor. Moszkva, VNIIO-ENG. 1973.
- [2] Vaszszojevics N. B.: Opüt posztroenija krivoj gravitacionnogo uplotnenija glinisztüh oszadkov. Zs. „Novosztj neftjanoj tehniki” (szerija geologija) N° 4, Moszkva, GoszINTI, 1960.
- [3] Dobrűnűn V. M.: Deformacija i izmnenie fiziceszkij szvojsztv nefti i gaza. Moszkva, Izd-vo „Nedra”, 1970.
- [4] Koperűne V. V., Dvoreckaja O. A.: Plotnoszt i porisztoszt glinisztüh porod. V knige „Posztzsedimentacionűe izmnenija csetverticsnűh i pliocenovűh glinisztüh otlozszenij Bakinszkogo arhipelaga”. Moszkva, Izd-vo „Nauka” AN SZSZSZR, 1965.

- [5] *Lomtatze V. D.*: Sztadii formirovanija szvojsztv glinisztüh porod pri ih litifikacii. D AN SZSZSZR, t. 102, N° 4, 1955.
- [6] *Lomtatze V. D.*: Izmenenie vlaznoszti glin pri uplotnenii ih bolsimi nagruzkami. Zapiszki Leningradszkogo gornogo insztituta, t. XXIV, vü. 2., 1953.
- [7] *Magara K.*: Compaction and Fluid Migration in Cretacion Shales of Western Canada. „Paper Geol. Surv. Can. Paper”, 1972, v. 18 (72–18), p. 81, with ill.
- [8] *Magara K.*: Permeability Considerations in Generation of Abnormal Pressures. „Soc. of Petr. Engr. J.”, 1971, 11, N° 3, p. p. 236–242.
- [9] *Foster J. B., Whalen H. E.*: Estimation of Formation Pressures from Electrical Surveys – Offshore Louisiana. „J. of Petr. Techn.” February, 1966.

Egyesületi hírek

A szakmai irodalom áttekintésének megkönnyítése érdekében az Oktatási Bizottság kezdeményezésére ezentül évenként közzé tesszük lapunkban (tervek szerint a 6. számban) a magyar nyelven megtalálható szakkönyvek, könyvrészletek jegyzékét. Az alább közölt listát az 1965 – 1979 közötti időszakban megjelent, magyar nyelven megtalálható és érdeklődésre számot tartó szakirodalomból válogattuk.

Felhívjuk T. tagtársaink figyelmét, hogy ezzel a kezdeményezéssel kapcsolatos észrevételeiket javaslataikat a MGE Titkárságával közölni szíveskedjenek.

Göncz Gábor
az Oktatási Bizottság tagja

A Geofizikai Kutató Vállalat Műszaki Könyvtárában

Könyvek, könyvrészletek:

1. *Tyimosin J. V.* 1965. Szeizmikus regisztrátumok interferenciás elemzése.
2. Institut Français du Petrole 1966. SEG Szeizmikus refrakciós kutatás. (I – VI. fejezet)
3. *Artemev M. E.* 1966. A nehézségi erő izosztatikus anomáliái és földtani értelmezésük néhány kérdése.
4. *Berdicsevszkij M. N.* 1965. A magnetotellurikus szelvényezés módszertana.
5. *Musgrave A. W.* 1967. SEG Szeizmikus refrakciós kutatás. (2. és 5. fejezet)
6. *Szafanov – Skebra* 1970. Ipari robbantások szeizmikus hatásának értékelésére alkalmas valószínűségsszámítási módszer.
7. *Tucker P. M. – Yorston H. J.* 1973. Tévtutak a szeizmikus kiértékelés folyamán.
8. NAUKA Szibirszkije Otdelenije. 1966. Azelektromos térbeállítás és alkalmazása a szerkezeti geológia feladatainak megoldásában.
9. *Matvejev B. K.* 1974. Az elektromágneses szondázások értelmezése.
10. *Füch A. A.* 1976. A szeizmikus reflexiós kiértékelés.
11. *Glogovszkij V. M. – Mesbej B. I.* 1977. Területi szeizmikus észlelési rendszerek és a reflektált hullámok térbeli feldolgozásának módszere.
12. *Newendorp P. D.* 1975. Döntésanalízis a kőolajkutatásban. (részlet)

Jegyzetek, tanulmányok, cikkek:

1. *Schneider W. A.* 1971. (cikk) Fejlesztési eredmények a szeizmikus adatfeldolgozásban és analízisben.
2. *Anstey N. A. – Newman P.* 1966. (cikk) A retrokorrelációs szelvény.
3. Pelton Company (Oktatási kézikönyv) A VIBROSEIS eljárás elmélete.
4. *Conoco* Vibrációs hatások.
5. Denver Geophysical Society, 1975. (cikkgyűjtemény) Új irányok a szeizmikus kiértékelésben.
6. *Banasz G.* 1974. Krakko. (tanulmány) A szerkezeti és rétegtani csapdák litosztratigrafikus kutatásával kapcsolatos problémák analízise.

(folytatás az 56. oldalon)

Karotázsszelvények számítógépes relatív mélységegyeztetése*

SZENDRŐ DÉNES**

A karotázs mérések értelmezésénél szükség van a szelvények relatív mélységegyeztetésére. Ez hagyományos, kézi értelmezésnél a szelvények összerajzolásával történik. A számítógépes értelmezési rendszerek többsége e probléma automatikus megoldását nem, vagy csak részben tudja elvégezni.

A mért görbék számítógépes relatív mélységegyeztetésére a bemutatandó matematikai modell került kidolgozásra, amely a pontról pontra harmonikaszzerűen változó mélységeltéréseket előbb kiszámolja, majd számszerű értékeik birtokában a szelvények korrigálását teszi lehetővé.

При интерпретации результатов каротажных измерений необходимо согласование каротажных диаграмм по глубине. Обычно при ручной интерпретации это выполняется путем счерчивания диаграмм на один лист. Большая часть систем интерпретации каротажных диаграмм при помощи ЭВМ не может или может только частично выполнить эту задачу автоматически.

Для согласования по глубине каротажных диаграмм при помощи ЭВМ разработали математическую модель, которая сначала рассчитывает от точки к точке разхождение глубин, изменяющиеся в виде гармоник, а затем, имея цифровые величины, становится возможным выполнить введение поправки в диаграммы.

For the interpretation of well loggings a relative depth correlation of profiles is needed. This is made in the course of traditional manual interpretation by drawing the profiles together. The bulk of computerized interpretation systems can not provide an automatic solution of the problem or they can give only a partial solution.

For the computerized relative depth correlation of measured curved a mathematical model has been elaborated and presented; this computes at first the bellows-like varying depth deviations, then having at disposal their numerical values it makes the correction of profiles possible.

I. BEVEZETÉS

Mint minden mérési eredménynek — így a fúrólukban végzett karotázsszelvényezésnek is —, a mérési eljárást, a mérési körülményeket, a mérő műszert és a mért mennyiséget jellemző pontatlansága van. A mérési módszerek és a mért mennyiségek nagymértékben különböznek egymástól, de tulajdonságaik meghatározásainál közös vonások is fellelhetők.

Karotázsszelvények ilyen közös jellemzője, hogy a mért adatok a mélység függvényében kerülnek rögzítésre. Mivel a szondázások általában egymás után következnek, a valódi mélységértékekhez tartozó geofizikai paraméterek mért értékei a felvételeken nem azonos helyre esnek, mélységeltolódások lehetségesek. A teljesség igénye nélkül ennek okaiként a szondák vonatkoztatási pontjainak eltérése, a kábelnyúlás, a szonda megakadása, a mélységjel korai vagy késői beérkezésének az észlelő által folyamatosan történő korrekciója és radioaktív mérésnél a rateméterek hatása említhető meg.

A mélységeltérések csökkentése érdekében vagy a mérési eljárásan kell változtatni, vagy pedig a szelvényeket kell utólag korrigálni. Az elsőnek említett esetben szondaszerelvények alkalmazására lenne szükség, de az összes

* Elhangzott az MGE Mélyfúrási Geofizika Szakosztályának 1977. IX. 8-án megtartott ülésén.

** Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet.

mérés egyidejű elvégzésére a karotázs paraméterek nagy száma miatt ekkor sem lenne lehetőség. A második esetben a hagyományos, kézi kiértékelésnél bevált módszerek alkalmazhatók, amikor a görbék jellemző helyeit (maximum, minimum, inflexiós pont stb.) figyelembe véve történik a szelvények össze-rajzolása, azaz mélységegyeztetése.

Addig, amíg a hagyományos eljárásnál a szakember tapasztalata és a görbék vizuális szemlélete igen jó eredményt szolgáltat, számítógépes feldolgozás területén a mélységegyeztetésre a szakirodalomban igen kevés utalás történik. Vagy a problémát megkerülve a feldolgozást a hagyományos módon össze-rajzolt szelvények digitalizálásával, illetve rétegek kézi úton történő kijelölésével és jellemző értékeik leolvasásával kezdik, vagy pedig egyszerű kereszt-korrelációt alkalmazva csúsztatják egymáshoz a szelvényeket.

A közvetlen mágnesszalagra történő regisztrálás az első változatnak mond ellent, hiszen csak azért kirajzoltatni a szelvényeket, hogy hagyományos úton egyeztetethetők legyenek, majd újra ledigitalizálni rendkívül gazdaságtalan eljárás.

A keresztkorrelációs módszer csak a szelvény egészéhez tartozó konstans csúszást küszöböli ki, holott a mélységeltérések nagysága pontról-pontra változhat, harmonikaszerű összetevőkből állhat.

Az említett hiányosságokat kiküszöbölve számítógépes eljárást mutat be a jelen dolgozat, amikor matematikai megfogalmazásban tárgyalja a mélységegyeztetés lehetőségét.

II. MÉLYSÉGEGYEZTETÉS

A matematikai megfogalmazás érdekében tekintsük az 1. ábrát. Első közelítésben tegyük fel, hogy $Y_2(X)$; $Y_3(X)$, ..., $Y_N(X)$ görbék egymáshoz viszonyítva mélységileg helyesek, a korrigálandó $Y_1(X)$ függvényt ezekhez szeretnénk egyeztetni. Az X_i mélységpontban ($i=1, 2, \dots, L$) az $Y_2(X_i)$, $Y_3(X_i)$, ..., $Y_N(X_i)$ függvényértékekhez az egyeztetendő függvény $X_i + \Delta(X_i)$ helyen felvett $Y_1[X_i + \Delta(X_i)]$ értéke tartozik. A szemléletesség kedvéért az összetartozó függvényértékeket az ábrán bejelöltük, s a $\Delta(X)$ pontról pontra változó értékű eltérést függvényt alul ábrázoltuk.

Célunk éppen az ábrázolt $\Delta(X)$ mélységeltérést leíró függvény meghatározása, mivel ennek ismeretében a mélységkorrekció a megfelelő $Y_1[X_i + \Delta(X_i)]$ függvényérték $Y_1(X_i)$ helyére való tevéséből áll az $i=1, 2, \dots, L$ mintavételezési pontokban.

A számítás elvégzésének céljából feltételezzük, hogy az összetartozó értékek valamely F operátorral leírható kapcsolatban vannak egymással, hiszen ugyanarról a helyről szolgáltatnak bizonyos geofizikai információt:

$$Y_1[(X_i + \Delta(X_i))] = F[Y_2(X_i), Y_3(X_i), \dots, Y_N(X_i)] \\ (i=1, 2, \dots, L) \quad (1)$$

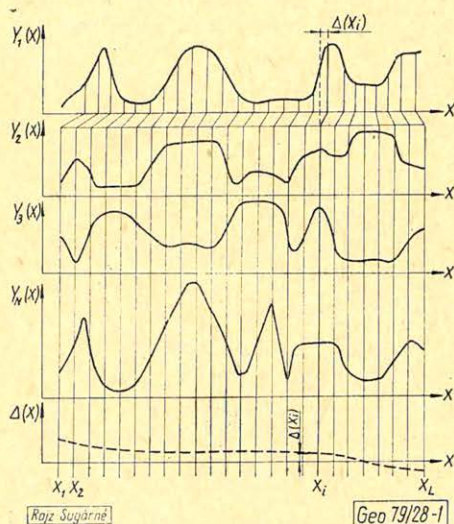
Amennyiben az F operátort pontosan ismernénk, az (1) egyenletrendszer elvileg megoldható lenne, mivel L db ismeretlent tartalmaz a $\Delta(X_i)$, $i=1, 2, \dots, L$ mélységeltérés mintavételezési pontokban felvett értékeiben és összesen L db egyenletből áll. Az F operátor pontos ismerete azonban ellenmondásként hatna, mivel azt jelentené, hogy az $Y_1(X)$ görbét elő lehetne állítani a többi görbéből, s így azt mérni sem volna szükség. Természetes, hogy ez geofizikailag

nem állhat fenn, mivel az egyes szelvényezési eljárások a többi szelvényhez viszonyítva sajátos, plusz információt is szolgáltatnak.

Így csak annyit tételezhetünk fel, hogy az F operátor hatása közelíthető például az $Y_2(X)$, $Y_3(X)$, ..., $Y_N(X)$ görbék lineáris vagy kvadratikus kombinációjával. Ezekben az összefüggésekben azonban újabb paraméterek lépnek fel, így az (1) egyenletrendszer az ismeretleneknek az egyenleteknél való nagyobb száma miatt közvetlenül nem oldható meg.

A pontról pontra változó mélységeltérés meghatározása érdekében a $\Delta(X)$ mélységeltérést leíró függvény geofizikai vizsgálatára van szükség. A mélységeltérés okait figyelembe véve a $\Delta(X)$ függvénynek az alábbi típusú tagokból kell állnia:

- a) A mélység függvényében konstans tag a szondák vonatkoztatási pontjainak eltérését írja le,
- b) A mélység függvényében lineáris tag a kábelnyúlásban jelentkező eltérések következő okaiként adódik:
 - különböző súlyú szondákkal történt a szelvényezés
 - a szondák sűrűdése, illetve falhoz szorítása a lyukfalon különböző



1. ábra. A mélységeltérés függvényének szemléltetése $Y_1(X)$ – az egyeztetni kívánt görbe; $Y_2(X)$, $Y_3(X)$, ..., $Y_N(X)$ – az egyeztetésnél figyelembe veendő görbék; $\Delta(X)$ – a meghatározni kívánt mélységeltérést leíró függvény

Рис. 1. Наглядное представление зависимости расхождения глубин $Y_1(X)$ – кривая, которую необходимо согласовать; $Y_2(X)$, $Y_3(X)$, ..., $Y_N(X)$ – кривые, принимаемые во внимание при согласовании; $\Delta(X)$ – зависимость, описывающая расхождение глубины, которое необходимо определить

Fig. 1. Presentation of the depth difference function $Y_1(X)$ – the curve to be correlated; $Y_2(X)$, $Y_3(X)$, ..., $Y_N(X)$ – curves to be taken into account with the correlation; $\Delta(X)$ – the function describing the depth deviation to be determined

Ugyancsak lineáris tag írja le az irodai digitalizálásnál a film vagy a papír tényleges mértékében történő változás hatását.

c) A mélység függvényében másodfokú tag a kábelnyúlásban jelentkező eltérések következő okaiként adódik:

- különböző súlyú kábellel történt a szelvényezés,
- az iszap viszkozitása, s így a kábel súrlódása az iszapban két húzás között megváltozott,
- a különböző típusú kábelek súrlódása a lyukfalon más és más,
- a mélység függvényében közelítőleg lineárisan emelkedő hőmérséklet megváltozása a fúrólyukban két húzás között,
- az iszap fajsúlyának, s így a hidrosztatikus nyomásnak a megváltozása.

d) Az előző tagokhoz járulva magasabb fokúak írják le a

- szonda megakadásának hatását,
- a szonda harmonikus rezgő mozgásából adódó eltérést,
- az észlelő folyamatos „mélységkorrekcióját”.

A geofizikai sajátosságokat figyelembe véve most már látható, hogy a mélységtérítés pontról pontra változó értéke polinommal közelíthető. Így az (1) egyenletrendszer $\Delta(X_i), i = 1, 2, \dots, L$ ismeretlenek helyett jóval kevesebb, csak a mélységtérítést leíró polinom tagjaiban szereplő együtthatók meghatározására van szükség.

Mivel így az egyenletrendszerben szereplő ismeretlenek számát sikerült jóval kevesebbre csökkenteni, mint ahány egyenletünk van, az (1) egyenletrendszer túlhatározott lett, megoldására pedig például a bal oldal Taylor-sorba fejtése után, a bal és jobb oldalak eltéréseinek négyzet összegét minimalizálva iterációs eljárással kerülhet sor.

A mélységtérítés függvényében szereplő paraméterek meghatározása után – ezek felhasználásával – a mélységtérítések pontról pontra harmonikászerűen változó értékei mintavételezési pontonként megkaphatók.

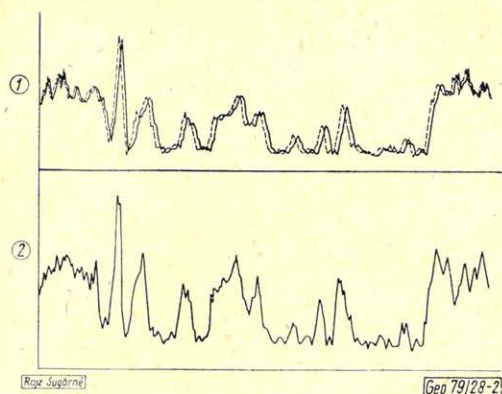
A mélységtérítések számszerű értékeinek birtokában az $X_i (i = 1, 2, \dots, L)$ mintavételezési pontokban rendre az interpolált $Y_1(X_i + \Delta(X_i))$ függvényértékeket helyezve a mélységtérítésre korrigált görbe értékei állíthatók elő.

Ha kiindulási alapként nincsenek mélységhelyes, illetve mélységhelyesnek tekintett szelvények, akkor a mélységegyeztetés N db fázisból áll. Valamely görbét Y_1 -nek tekintve az előzőleg tárgyalt módon korrigáljuk a többi $(N-1)$ db szelvény felhasználásával, majd a másodikat, a harmadikat, N -ediket tekintjük Y_1 -nek, úgy, hogy a felhasználandó $(N-1)$ db szelvény között már az előzőleg korrigált szelvények fordulnak elő.

A tárgyalt mélységegyeztető eljárás automatikus elvégzésére számítógépes program készült a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézetben.

A program számára bemenő paraméterként a felhasználandó szelvényeken kívül csak a mélységértékes leírására bevezetett polinom foksámát és az iterációk számát kell megadni. A polinom fokszáma a megengedhető „harmonikázások” számával kapcsolatos, az iterációk száma pedig akkor helyes, ha tovább növelve a korrekció lényegében már nem változik.

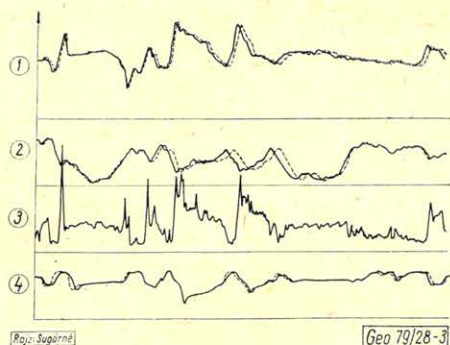
A mért és a korrigált szelvényeket plotteren kirajzolva néhány eredmény megtekintésére a 2. és 3. ábrán van lehetőség.



2. ábra. A számítógépes mélységegyeztetés eredménye
1 – egyeztetendő szelvény: optimális laterolog; 2 – alapszelvény: mikrolaterolog; – mért görbék; ---- korrigált görbe; M = 1 : 200

Рис. 2. Результат согласования глубин на ЭВМ
1 – согласуемая диаграмма: оптимальный зонд бокового каротажа; 2 – основная диаграмм: микробоковой каротаж – измеренные кривые; ---- исправленные кривые; M = 1 : 200

Fig. 2. Result of the computerized depth correlation 1 – the profile to be correlated: optimal laterolog; 2 – basic profile: microlaterolog; – measured curves; ---- corrected curve; M = 1:200



3. ábra. Mélységileg egyeztetett szelvények
1 – Neutron-gamma; 2 – Természetes-gamma; 3 – Mikrolaterolog; 4 – PS; – mért görbék; ---- korrigált görbék; M = 1 : 500

Рис. 3. Согласованные по глубине диаграммы
1 – диаграмма нейтронного каротажа; 2 – диаграмма естественной гамма-активности; 3 – диаграмма микробокового каротажа; 4 – PS; – измеренные кривые; ---- исправленные кривые; M = 1 : 500

Fig. 3. Depth correlated profiles
1 – Neutron-gamma; 2 – Natural-gamma; 3 – Microlaterolog; 4 – PS; – measured curves; ---- corrected curves; M = 1 : 500

III. ÖSSZEFOGLALÁS

A karotázsszelvények helyes mélységegyeztetése az értelmezés elengedhetetlen előfeltétele. A bemutatott eljárás lehetővé teszi, hogy a vizuális szemlélettől és az interpretátor tapasztalatától megfosztott számítógép a mérés és a kiértékelés közötti lépcsőfokra, a relatív mélységegyeztetésre is használható legyen.

Az alkalmazott matematikai eljárás biztosítja, hogy tetszőleges számú görbesereget figyelembe véve, a mélységtérítés leírására bevezetett polinom segítségével a harmonikaszerű mélységkorrekció matematikai megfogalmazást nyerjen.

Mivel a matematikai eljárás a mélységpontok számát nem változtatja meg, — a keresztkorrelációval ellentétben a széleken hiányos szakasz nem lép fel — célszerű egymásután olyan intervallumokat korrigálni, amelyek megegyeznek a kábelen levő mélységjelek távolságával.

A mélységtérítést leíró polinom nulladfokú tagja a szondák vonatkoztatási pontjainak eltérését, az első és másodfokú tagja a kábelnyújtásból származó pontatlanságot, a magasabb fokú tagok pedig a szonda beakadásából, harmonikus rezgőmozgásából és az észlelő folyamatos korrigálásából adódó eltérést írják le.

Az eljárás alkalmazása nem teszi szükségessé valamely görbe kitüntetett szerepét, de biztosítja azt a lehetőséget is, ha egyes szelvényeket nem szükséges korrigálni, akkor ezeket etalonoknak tekintve, felhasználásukkal csak a fennmaradó szelvényeket egyeztessük.

A kidolgozott módszer a mélységtérítést nem találgtatással határozza meg, hanem kiszámolja azt, így még a keresztkorrelációs eljárásnál is lényegesen gyorsabb annak ellenére, hogy nem csak a lineáris eltolódást veszi figyelembe.

A mélységegyeztetésre kidolgozott módszer nemcsak karotázsszelvények korrigálására használható, hanem minden olyan esetben, amikor függvények „párhuzamosítására” van szükség.

A jelenleg MINSZK — 32 típusú számítógépen működő mélységegyeztető program ismertetésére és numerikus eljárások bemutatására egy következő cikkben kerül sor.

Egyesületi hírek

Az ELGI Könyvtárában

Könyvek, könyvrészek:

1. *Tjapkin*, 1962. Moszkva. Véges kiterjedésű földtani testek által keltett gravitációs anomáliák kiértékelése.
2. *Kaufman A. A.* 1965. NAUKA Novoszibirszk. Az indukciós karotázs elmélete.
3. *Usztinov V. J. — Grinenko V. A.* 1965. NAUKA. Moszkva. Precíziós tömegspektrométeres módszer a kén izotópösszetételének meghatározására.
4. *Komarov V. A.* 1973. Elektromos kutatás gerjesztett polarizációs módszer segítségével.
5. *Kulinkovics A. E.* 1967. NEDRA. Moszkva. A mélyfúrési geofizikai adatok számítógépen történő feldolgozása.

Jegyzetek:

1. Schlumberger Well Surveying Corp. 1966. Párizs. A kútszelvény-értelmezés alapelvei.
2. Schlumberger, 1969. New York. Szelvény-értelmezési elvek. Szelvény-értelmezési diagramok

Dúsítás nélkül felhasználható vasérc kutatása geofizikai módszerekkel

M. K. SEGUIN*

(Sajtó alá rendezte: Tóth Géza)

Kombinált gravitációs és felszíni (függélyes összetevő) mágneses felmérések képezik geofizikai kutatási eszközét a dúsítás nélkül használható vagy dúsítható érc utáni kutatásnak, és pedig különösen Észak-Kanadában, a Labrador-teknőben fekvő Schefferville bányászati kerületben olyan területeken, melyeket glaciális drift fed le. Áttekintő felmérésnél 300×300 m-es hálózattal elegendő, a részletes kutatásnál célszerű mintegy 65×15 m-es hálózattal választani. Az elsődlegesen kapott geofizikai információkból levezetett és feldolgozott adatokat kvalitatív interpretációra és a felmért terület felbecslésére alkalmazták. A bizonyos kritériumok alapján kiválasztott, kedvezőnek látszó anomáliákon azután kutató-fúrásokat vagy árkolást végeztek. Ha valamelyik anomália akár dúsítás nélkül használható, akár dúsítandó érc jelenlétére mutatott, akkor ott részletes nehézségi és mágneses felmérésre került sor. Szukcesszív polinomiális szűréssel kapott első- és másodrendű regionális és reziduális anomáliákat, valamint felszíni mágneses reziduális anomáliákat fél-kvantitatív módon interpretáltak még az egyes anomáliák mennyiségére való megfűrésze előtt és csak azután tértek rá a fűrésszel való bizonyításra. Ez a fél-kvantitatív információ bizonyos adatokat szolgáltat – már a fűrés előtt – a lágyvas-formáció szerkezetéről, alakjáról, dimenzióiról, mennyiségi és minőségi (fém tartalmi) jellemzőire. Ez az eljárás lehetővé tette a mennyiségi fűrészek költségeinek jelentős csökkentését.

1956 előtt a Schefferville terület valamennyi telepét a sztenderd geológiai módszerekkel fedezték fel. A következő tíz év alatt egyetlen új területet sem találtak; ezzel szemben azóta (az elmúlt 7 év folyamán) több, mint 45–50 millió tonna dúsult vagy dúsítható ércet fedeztek fel a kombinált gravimetrikus – felszíni-mágneses módszer segítségével. És még kb. 100 további anomália vár megfűrésze, vagy árkolásra a közeli években és újabb geofizikai felméréseket vettek máris terbe az északra határos területeken. A dolgozat bemutatja az adatnyerés, feldolgozás, görberajzolás részletes módszereit. Úgy gondoljuk, hogy a félkvantitatív interpretáció leírt szukcesszív feldolgozási módszere ugyancsak sikeresen alkalmazható vaskutatásra Dél-Amerikában (pl. Brazíliában, Argentínában, Peruban), Nyugat-Ausztráliában és Ázsiában (különösképpen Indiában) is.

Средством для геофизического исследования месторождений руд, которые можно использовать с обогащением или без него, является комбинация гравитационных и поверхностных магнитных измерений (вертикальная компонента). Это средство особенно применяется в Северной Канаде, а также в шахтовом районе Шеффервилль, расположенном в Лабрадорском бассейне, где поверхность покрыта ледниковым дрейфом. Для первоначальной съемки достаточна сетка 300×300 м, а для детальной съемки часто необходимо применять сетку 65×15 м. Данные, полученные из обработки первоначальной геофизической информации, были применены для качественной интерпретации и для геофизической оценки исследуемого района. На оптимальных аномалиях, выбранных по некоторым критериям, впоследствии было проведено бурение, а также и шурфование. Если какая-нибудь аномалия показала присутствие обогащенных или необогащенных руд, то там проводилась детальная гравитационная и магнитная съемка. Региональные и остаточные гравитационные аномалии первого и второго порядков, а также и поверхностные остаточные магнитные аномалии были интерпретированы полуколичественным методом еще перед бурением, а доказательство интерпретации бурением было проведено позже. Такая полуколичественная информация дает еще перед бурением некоторые данные относительно структуры, формы, размеров и количественных и качественных (содержание руды) характеристик железной формации. Такой метод сделал возможным существенно снизить расходы по бурению.

Перед 1956 г. все железорудные месторождения района Шеффервилль были открыты с помощью стандартных геологических методов. В течение последующих десяти лет не было найдено ни одного нового месторождения. Однако в течение последующих семи лет с помощью комбинированного гравиметрического и магнитного метода было обнаружено более 45–50

* Maurice K. Seguin, Department of Geology, Laval University, Québec, Canada.

A cikk eredeti angol címe: Geophysical Prospecting for Direct-Shipping Iron Ore. Fordította: Tóth Géza.

миллионов тонн руды обогащенной или пригодной для обогащения. Кроме этого, предстоит провести бурение на более чем 100 аномалиях, и планируется проведение геофизических исследований на примыкающих с севера пограничных областях. В работе подробно описаны методы получения данных, обработки и построения кривых. По нашему мнению, описанный метод полуколичественной интерпретации успешно может быть применен для поисков железной руды в Южной Америке (Бразилия, Аргентина, Перу), в Западной Австралии и Азии (особенно в Индии).

Combined gravimetric and vertical component ground magnetic surveys are the geophysical prospecting tools used on a routine basis in the exploration for direct shipping ore and treat rock, and in particular in the areas covered by glacial drift in the Schefferville mining district of the Labrador trough, northern Canada. In a reconnaissance survey, a 300×300 m grid is sufficient whereas for a detailed survey a 65×65 m grid is quite appropriate. The reconnaissance survey data and the processed data deriving from the original geophysical information are utilized for qualitative interpretation and an appraisal of a surveyed region. The favourable anomalies selected according to specific viewpoints are test drilled and/or trenched. If an anomaly yields either direct shipping ore or treat rock, a detailed combined gravity and magnetic survey follows up. First and second regional and residual gravity anomalies obtained through successive processes of polynomial filtering and residual ground magnetic anomalies are then interpreted in a semi-quantitative fashion before undertaking extensive drilling on a specific anomaly which will become a proven deposit. This semi-quantitative interpretation gives some information relative to the structure, the shape, the dimensions, the tonnage and the grade of the soft iron ore before drilling tonnage holes into it. This procedure allowed a substantial reduction of the expenditures involved in the tonnage drilling process.

Until 1956, all the soft iron ore deposits of the Schefferville district were discovered with standard geological method. During the next 10 years, no new deposits were found, and these last seven years some 45 to 50 million metric tons of direct shipping ore and treat rock were discovered using combined gravity and ground magnetic methods. Some 100 additional anomalies ought to be test drilled and trenched in the future, and new geophysical surveys progress annually in adjacent areas further north. A detailed description of automatic data retrieval, processing and contouring is presented. It is believed that these successive procedures leading to the semi-quantitative interpretation may be applied with equivalent success in iron ore ranges of South America (e.g. Brazil, Argentina, Peru) Western Australia and Asia (particularly India).

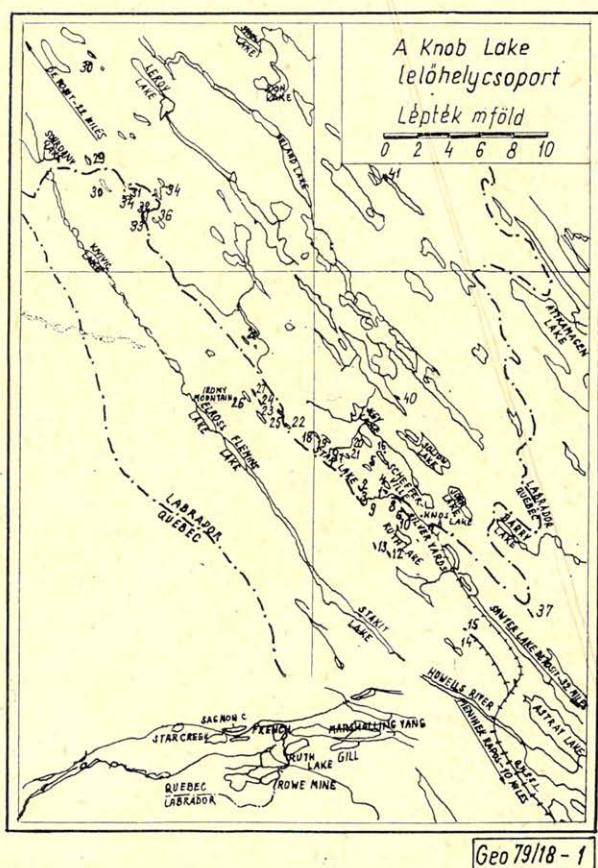
Bevezetés

A dolgozat leírja a magas fémtartalmú – dúsítás nélkül felhasználható vagy dúsítható – lágyvasérccek kutatásánál alkalmazható geofizikai módszereket, azok operációs eljárásait és a kapcsolatos interpretációs technikákat, valamint néhány felfedezett és a geofizikai anomáliákon eszközölt kutató fúrások által feltárt lelőhely geológiai alakulását. A redukált és korrigált geofizikai (főleg graviméteres és felszíni mágneses mérésekből nyert) adatokat, melyek vagy vonalak mentén, vagy izovonalak segítségével adódtak, először kvalitatív módon elemeztük, hogy kiválasszuk a kutató fúrások számára kedvezőnek mutató helyeket. A geofizikai adatok regionális skálában való feldolgozásánál szerephez jut a légi mágneses térképek alapján történő reziduál-számítás, valamint a Bouguer-anomáliákból eszközölt regionál-, reziduál-, első és második derivált és lefelé folytatás számítás (Seguin 1968g, 1970, 1971g, 1971h, 1971m), és ugyanez a felszíni adatokból (Seguin 1968g). Ha a tájékoztató geofizikai felmérések után kutató fúrás vagy különleges anomália-indikációk lágyvasérc jelenlétére utaltak, akkor az anomália-területen geofizikai részletméréseket hajtottunk végre, mielőtt termelő fúrásokhoz fogtunk volna. Ezután a geofizikai adatok összessége alapján modelleket szerkesztettünk a kitermelhető mennyiséget, a mélységet, kiterjedést, vastagságot és elhelyezkedési formát (csapás, lejtés) illetően. A telep átlagos fémtartalmának meghatározásánál figyelembe vettük a szomszédos telepekből nyert korrelációs tanulmányokat (Seguin 1967d, 1967e, 1967f, 1967h, 1967i, 1967j és 1967k). A számított fémtartalmak feltehetően közelítések, míg a mennyi-

ség- (készlet-) számok csak a feltárások alapján megmutatkozó in situ mennyiségeket jelzik és nem a kitermelhető mennyiséget.

Tájékozódó kutatás

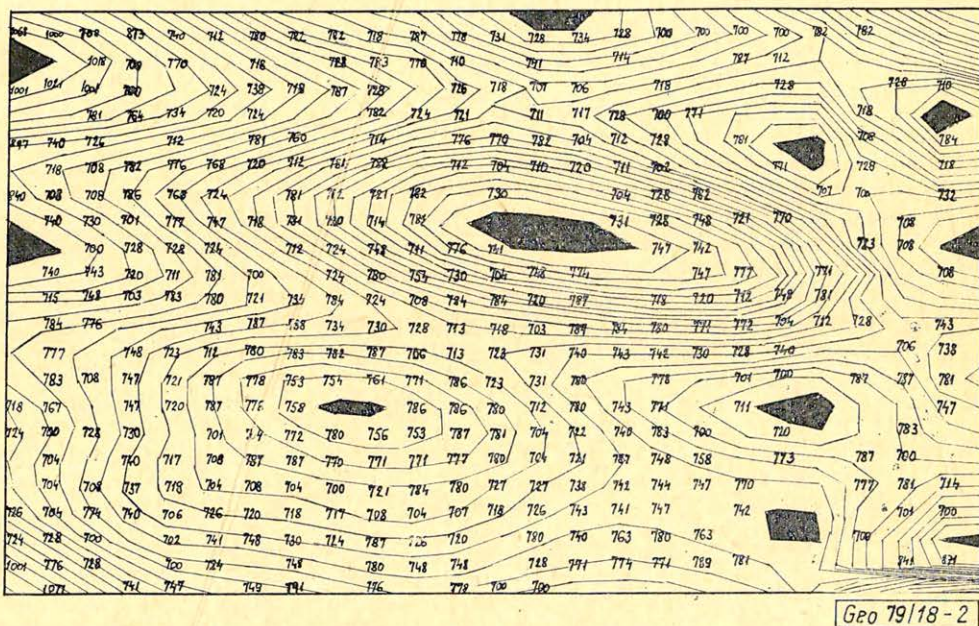
A geofizikai módszerekkel megkutatott területek Schefferville közelében fekszenek New Quebec – Labradorban, Észak-Kanadában; jellegzetes alakulatok itt: csupasz tundrahátságok, szelíd dombhejtők és esetleg közbeeső völgyek. Növényzet alig van és a terület 70 – 75%-a alatt diszkontinuus elhelyezkedésű permafroszt lencséket találunk. 1956 előtt a terület valamennyi lágyvasércet geológiai kutatással fedezték fel, valamint felszíni feltáró vágatokkal. Azóta már nem történt új felfedezés tisztán geológiai módszerrel és 1966 óta valamennyi új lágyvas-felfedezés geofizikai tájékozódó felmérés eredményeképpen jött létre (1. ábra). Az effajta tájékozódó méréseknél mind a graviméteres, mind a felszíni mágneses állomások egymásközi távolsága 300 m volt a csapásirányban és 30 m a csapásra merőlegesen.



1. ábra. A legtöbb dúsítás nélkül használható érctelep elhelyezkedése a Schefferville területen
Рис. 1. Расположение облышинства месторождений обогащенного железа в районе Шиффервилль

Fig. 1. Localisation of most of the direct shipping iron ore deposits in the Schefferville area

A mérési adatokra alkalmazott redukciók a következők voltak: *a)* szélességi, *b)* free air (Fay), *c)* Bouguer; ezenfelül korrigáltunk a műszerjárásra és topografikus korrekciót is alkalmaztunk. 1965-től 1972-ig valamennyi redukciót és korrekciót kézi számológéppel végeztünk. 1972-ben elektronikus számítógép-program készült a sztenderdizált (hálózatos) graviméteres adatok redukciójára és korrekciójára (Seguin 1971e, 1971j, 1972b, 1972h). A bemenő adatokat (vonalszámot, állomásszámot ideértve), a graviméter-leolvasásokat és az időpontokat lyukkártyákon rögzítették. Ezeket azután mágnesszalagra vagy diszke lehetett átírni. 1974 óta a diszkeken szereplő adatokat úgy lehetett szelektálni és részekre vágni, hogy szabványos (200:1 méretarányú, 24 inch \times 27 inch) méretű térképlapok adódjanak; ezt az információt azután szalagra vitték át, ahonnan a visszajátszáskor már hálózatos izovonal-konfigurációt nyertek. A végső információ így egy Bouguer-izotérkép 1 nehézségi egység (0,1 mgal) vonalközzel, melyet a Texas Instrument Complot nevű automata plotterével nyertünk (2. ábra).



2. ábra. A Texas Instrument Co automatikus rajzolójával nyert nehézségi izovonalak. A hálózat mérete 60 \times 90 m. A sztenderd nehézségi térkép 220 m hosszú és 1300 m széles. A kimenő értékek 0,01 milligal egységben vannak.

Рис. 2. Карта региональных гравитационных аномалий, полученная на автоматическом плоттере Тексас Инструментс. Сетка — 60 \times 90 м. Стандартная гравитационная карта имеет размеры 2200 \times 1300 м. Выходные данные выражены в 0,01 мгал.

Fig. 2. Regional gravity contour map obtained with a Texas Instrument automatic plotter. The grid is 60 \times 90 m. A standard gravity map is 2200 m long and 1300 m wide. The output values are expressed in units of 0.01 milligal.

A gravitációs adatok kvalitatív interpretációjának nagy többsége azon alapult, hogy reziduál értékeket állítottunk elő vagy az egyes profilokból, vagy a teljes izotérképből. Ezen a fokon a gravitációs reziduálokat a mágneses adatokkal együtt értelmeztük; a reziduális gravitációs adatok intenzitása és transzverzális gradiense kombinálva a reziduális mágneses adatok intenzitásával kritériumul szolgáltak azoknak a graviméteres anomáliáknak kiválogatásánál, melyeket kutatóárkok, vagy fúrások telepítésére kijelöltek. Hogy egy bizonyos vizsgált terület reziduális gravitációs anomáliát összehasonlíthatóvá tegyék, azok intenzitását normalizálták, hogy tekintetbe vegyék a fedőréteg vastagságát, melyet szeizmikus refrakciós mérésekkel határoztak meg (Seguin 1968h, 1968i); ez a fedőréteg aránylag kis sűrűsége folytán gyengíti a gravitációs jelet. Valamennyi talált nehézségi anomáliát három csoportba osztották a következő módon:

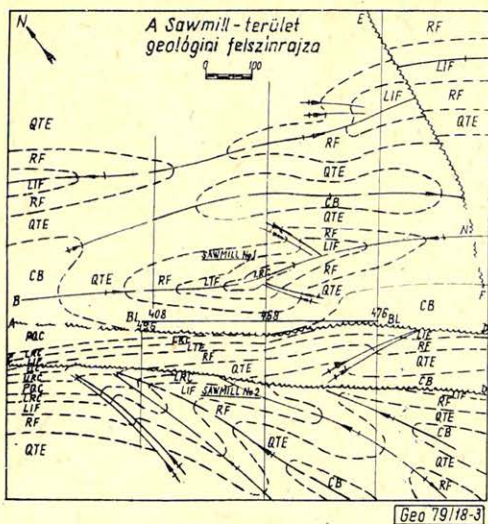
a) nagy transzverzális gradiensű anomáliák, melyeknél a reziduál-intenzitás legalább 3 nehézségi egység (vagy annál nagyobb) és melyek 4000 gammánál kisebb mágneses reziduális anomáliával esnek egybe (Seguin 1965, 1966c, 1966e, 1966f, 1966i):

b) nagy transzverzális gradiensű anomáliák, melyek reziduál intenzitása nagyobb, mint 4 gravitációs egység és melyek nagy mágneses reziduál anomáliával ($\Delta\gamma > 4000 - 5000$ gamma) esnek egybe;

c) kisebb transzverzális gradiensű anomáliák, melyeknél a reziduál-intenzitás 2-től 7 nehézségi egységig terjed és melyeknél nincs kísérő reziduális mágneses anomália (Seguin 1966j, 1966k, 1966m, 1967b, 1967g, 1968c, 1968d).

A különböző geofizikai felmérések értelmezése mutatja, hogy a gravitációs módszer igen hasznos gazdag vastartalmú formációk lokalizációjánál és értékelésénél. Azonban a gravitációs adatokat a geológiakkal gondosan kapcsolva kell kiértékelni, hogy össze ne tévesszük a vasérc csíkokat valamilyen más, a területen jelen levő kőzettel [így pl. a nagy sűrűségű Denault dolomittal és kovakő (csert) breccsa egységekkel], amint az korábbi értelmezések során megtörtént. A 3. ábra a Sawmill terület értelmezett geológiáját (szerkezetét és litológiáját) mutatja be, elsősorban a geofizikai eredmények és az azokat követő kutatófúrások alapján: a fedőkőzet ezen a területen átlag 40 láb (12 m) vastag és kibúvások nincsenek. Ennél az esetnél a kovakő-breccsákból álló antiklinális szerkezetek (dóмок) megkülönböztethetők voltak a szinklinális szerkezetektől (medencéktől), melyeket a vasércformáció-tagok alkottak. A 4. ábra a Scheferville területen és annak szomszédságában található kőzettípusok általánosított sztratifigrafiái sorozatát mutatja be. A vasérc-formációs tagok a Ruth-formációtól (RF) a vörös felső vas-formációig olyan egységeket jeleznek, melyek esetleg gazdasági érdekűek dúsult vagy dúsítható kőzetek tekintetében.

A 3. ábrán látható két telep (Sawmill No. 1 és Sawmill No. 2) hosszúsága 800 m, illetve 730 m, míg maximális szélességük 215 m, illetve 300 m. E két telep rétegsora a Fleming kovakő breccsától az alsó vörös kovás (LRC) altalgjáig terjed a Sokoman vas-formációnak a Sawmill 1 telepnél és a rózsaszínű-szürkés kovás (PGC) altalgjáig a Sawmill 2 telepnél (lásd a 4. ábrát). A Sawmill terület regionális szerkezete egy sor NW—SE irányban húzódó gyűrődéses szerkezetből áll (3. ábra); ezek a szerkezetek széles, sekélyen lejtő antiklinálisok és szinklinálisok átfordulás jele nélkül. Eltérést jelent az általános szerkezeti képtől az az erősen lejtő (60°) vetődési blokk, mely két,



Geo 79/18-3

3. ábra. A Sawmill terület felszíni geológiája

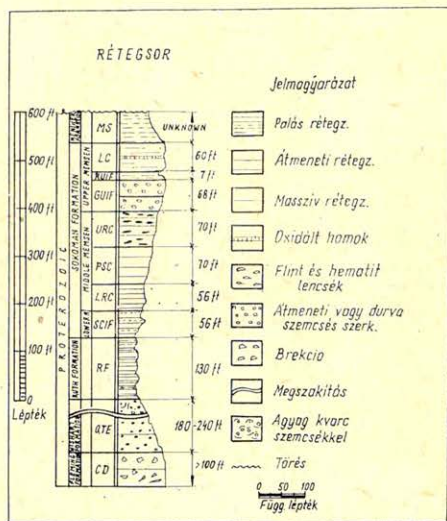
Рис. 3. Поверхностная геологическая карта района Сэмвилл.

Fig. 3. Surface geology plan of the Sawmill area

4. ábra. A Schefferville terület kőzettípusainak tipikus rétegsora

Рис. 4. Типичный стратиграфический разрез пород района Шеффервилль

Fig. 4. Typical stratigraphic column of the rock types present in the Schefferville area



Geo 79/18-4

nagy szögben visszafordult csapásmenti vetődés között fekszik és elválasztja egymástól a Sawmill 1-es és 2-es telepet. A másik nagyobb szerkezet a Sawmill 1 től pontosan keletre fekvő haránt vető (transzkurrens mozgással). Ez a telep megfelel a regionális szerkezeti típusnak; jellemzője egy duplán alámerülő szinklinális, ahol a szinklinális tengelye északnyugat-déleleti irányú. A Sawmill 2 két széles, sekély szinklinálisból áll NNW – SSW csapással; elválasztóként egy köz-antiklinális szerepel. Ezeket az elsőrendű gyűrődéses szerkezeteket az északkeleti oldalon revertált vetődés határolja, a gyűrődéstengelyek észak-északnyugat felé mintegy 10° -os lejtéssel merülnek alá. A Sawmill 2 telep ércét az elsőrendű szerkezet határozza meg. A telep északnyugati oldalán egy másodrendű antiklinális és szinklinális – úgy látszik – lehatárolják

az ércet az oldalak felé eloszlásban az egész vas-formációsáv mentén. A Sawmill-i telep ércalakulását az elsőrendű szinklinális szerkezet határozza meg.

3. A regionális gravitációs adatok feldolgozása

A gravitációs adatanyag feldolgozási csomag tartalma: a regionális nehézségi értékek, reziduális nehézségi értékek, lefelé folytatott nehézségi értékek 60, 120, 180, 240 és 300 m mélységig, első vertikális nehézségi derivált a felszínen és 60, 120 és 160 méteres mélységben. (Seguin 1970, 1971g, 1971h, 1971l, 1971m). Mindeme sokfajta feldolgozási technika célja változó volt és arra irányult, hogy

a) megbízható információkat kapjunk a geológiai térképezés kiegészítésére;

b) meghatározzuk a tektonikus alakulást, mint pl. az antiklinálisok és szinklinálisok elhelyezkedését, a tengelysíkok helyzetét, a vetődések helyét és a törési síkok lejtésének viselkedését;

c) valamennyire megismerjük a különböző litológiai egységeket és blokkjaikat a lágyvas-formáción belül;

d) nyerjük bizonyos számadatokat a vasérctelep blokkjainak méreteire (hossz, vastagság, mélységi kiterjedés és lejtés);

e) megbecsüljük azt is, hogy egy bizonyos vastartalmú blokk dúsítás nélkül felhasználható vagy dúsításra szoruló (vagy mindkét fajta) kőzetet tartalmaz-e. Ez az utóbbi feladat a legnehezebben megoldható és itt kiegészítően fel kell használni a talajon mért mágneses adatok feldolgozását is az interpretációs eljárásnál.

A nehézségi adatok részletes feldolgozásánál néhány általános megállapítást tehetünk. Ha a felszíni adatok, valamint az első és második vertikális deriváltak az adatok lefelé folytatásánál és esetleg a reziduális nehézségi értékek kettős csúcsú anomáliát mutatnak, ahol a csúcsok távolsága mintegy 120–365 méter, de általában 180–250 m, akkor a szerkezet vas-formációs-szinklinális, pl. MIF (Middle Iron Formation = középső vasformáció) az LIF (Lower Iron Formation = alsó vasformáció) keretein belül, vagy pedig UIF (Upper Iron Formation = felső vasformáció) szinklinális LC-vel (vékony kovakővel együtt) az MIF és LIF keretein belül. A 120 méteres szintet használva vonatkozási szintnek az első derivált 0.4 mgal/lábnál nagyobb értéke megfelel az MIF egy szinklinális szerkezetének az LIF keretein belül, míg az UIF (LC) szinklinálisok MIF és LIF csíkokon belül 0,15 mgal/m rendű vagy nagyobb értékeket szolgáltatnak. Széles szakaszok, ahol a lefelé való folytatásban és az első és második vertikális deriváltakban anomáliák nem találhatók, alsó palás és/vagy felettük levő kvarcit zónáknak felelnek meg. Ugyanezeknek a zónáknak a reziduális és a regionális gravitációs térképeken „alacsony” területek felelnek meg. Az IF csíkok hozzátevőleges vastagsága a legjobban megbecsülhető a lefelé való folytatás alapján. Míg a lefelé való folytatás hasznos az IF sávok körvonalainak megállapításánál, a szomszédos sávok közötti jó szétválasztásnál és a vastagság megbéslésénél, addig az első és második mélységi deriváltak igen jól használhatók ezen különböző sávok mélységi kiterjedésének meghatározására. A tér ama helyei, ahol kicsiny (vagy elhanyagolható) gravitációs gradiens mutatkozik, távol esnek az okozó tömegtől; ez igaz mind a ható feletti, mind pedig az alól levő régióra. Azok a szintek, ahol a gradiens csökkenni kezd, közel vannak a ható tömeg alsó részeihez, vagyis a vasformációs sávokhoz.

A vertikális derivált értékében jelentkező nagy negatív diszkontinuitások vagy antiklinális szerkezet jelenlétét jelzik az alsó palában (vagy a kvarcitban), vagy pedig törésre mutatnak. Az első vertikális deriváltak 120–180 méteren, a második vertikális deriváltak 120 m mélységben és a lefelé folytatás valamennyi mélységi szinten 60 m alatt a legjobb felbontást szolgáltatják a vastartalmú formáció csíkok között. Ha végrehajtottuk a különböző gravitációs adatfeldolgozásokat, csaknem 100% biztonsággal mondhatjuk, hogy nem hagyunk ki egyetlen vastartalmú formációs sávot sem. Ha azonban ezzel a feldolgozási és interpretációs „csomaggal” sikerül is felfedezni valamennyi vastartalmú formáció sávot, arról még nem kapunk információt, hogy dúsítás nélkül használható vagy dúsítandó ércről van-e szó. Ha ezt az értelmezési eljárást kombináljuk a talaj-mágneses adatokkal, akkor a szóban forgó sávok legalább 60%-áról kiderül, hogy nem ígérnek műrevaló anyagot. A fennmaradó formáció sávok közül 10–20%-nak a dimenziója (vastagság vagy hossz) vagy túl kicsiny vagy kedvezőtlen szerkezeti alakulást mutat (pl. vetődéses vékony *RS* és/vagy *IF* blokkok.) Az így visszamaradó mintegy 25%-nyi érdekesnek ígérkező sávok közül is elvethetünk még egyeseket a geológiai információk vagy a kedvezőtlen szerkezeti feltételek miatt. A végül is megmaradó anomáliákon feltáró árkokat, fúrásokat létesíthetünk, és ha potenciálisan jó telepnek bizonyulnak, készletfeltáró fúrásokat is végezhetünk.

Összefoglalva leszögezhetjük, hogy a feldolgozott gravitációs adatok interpretációja elég beható és eredményes ahhoz, hogy alkalmas alapul használhassuk fel a Schefferville területen a dúsítás nélkül használható vagy dúsítandó érc utáni kutatásnál. Ezek a technikák módot adnak arra, hogy geológiai információkat nyerjünk közvetlenül a felszín alatt vagy nagyobb mélységben fekvő vastartalmú formációk blokkjairól. A felszíni második vertikális deriváltak és a mélységre vonatkozók különösen hasznosak a szerkezeti típus meghatározására (pl. antiklinális, szinklinális, homoklinális) és a szerkezet terjedelmének a megállapítására (széles vagy szűk, sekély vagy mély) is. A különböző vastartalmú formáció sávok vastagságát úgy számoljuk, hogy Lagrange-féle legjobban közelítő görbét simítunk vagy az első deriválthoz, vagy a második deriválthoz, vagy pedig a lefelé folytatott értékekhez (vonalak mentén). Ha valaki fel akarja oldani az anomáliákat anélkül, hogy a tér alapvető alakulását megváltoztatná, akkor a lefelé folytatás előnyösen használható. Ha a lehető legnagyobb felbontási fok kívánatos, akkor a mélységi deriváltak használata kívánatosabbnak látszik, mint a felszínieké.

4 – Felszíni mágneses felmérések

Ma már javításokat alkalmazunk a műszerjárás és a napi változás miatt elektronikus számítógép segítségével ugyanúgy, mint a nehézségi adatoknál; a kimeneten mind listaszerű, mind lyukkártyás alakban megjelennek a korrigált mágneses adatok (Seguin 1966g, 1966h, 1967c, 1969d, 1971a, 1973a, 1974). A végső információt a mágneses tér vertikális komponensének izovonalas térképe adja, 100 gamma vonalközzel rajzolva a Texas Instrument Complot rendszerű plotterével.

5 – Légi mágneses mérések

A Schefferville bányaterületen kétfajta légi mágneses mérést hajtottak végre. Az első egy légi mágneses mérés volt, melyet 150 m magasban 0,8 km-es vonaltávolságokkal végeztek és melynél a totális térerősséget

mérték Mark III Gulf fluxgate magnetométerrel. A másik helikopteres mérés volt két elektromágneses felméréssel kapcsolatban [in-phase és out-of-phase komponensek 1 kHz-n és 18,7 (VLF) kHz-n]; a mérést 35 méter magasban végezték 0,2 km-es térközzel. A helikopteres mérés hasznosnak bizonyult arra, hogy felvázolhassuk a vastartalmú formációs sávokat és felfedjünk bizonyos nagyméretű geológiai szerkezeteket, de felbontóképessége kicsiny volt ahhoz, hogy elválaszthassuk közvetlenül a mérés alapján a dúsítás nélkül használható vagy dúsítandó kőzeteket. A fentebb említett első fajta légi mágneses mérés többet ígér, a felbontóképességet megjavíthattuk és így legalább öt potenciális dúsítatlanul felhasználható vagy dúsítandó érc-területet fedezhettünk már fel. Ezt a javított technikát azonban csak újabban alkalmaztuk (1971) és a talált potenciális zónákon még alig végezhattünk fel-táró fúrásokat.

6 – *Kvalitatív interpretáció*

A mágneses (felszíni) adatok alapján végzendő kvalitatív interpretáció egyes profilok mentén számított reziduálokat használ fel (Seguin 1966g,h, 1967c, 1968c, 1969e, 1971a). A mágneses reziduál adatokat a gravitációsokkal együtt értelmezzük. Olyan mágneses anomáliákat, melyeknél a kapott reziduál intenzitás értékek 4000–5000 gammánál kisebbek vagy lokálisan negatív értékűek valami természeti remanens mágneses komponens jelenléte folytán, további megvizsgálásra (pl. kutató fúrásra) irányoztuk elő.

7 – *Légi mágneses adatok feldolgozása*

A légi mágneses mérések hatalmas szektorait szűrtük és lefelé és/vagy felfelé folytattuk a Schefferville területen. A lefelé 1,6 km-re folytatott regionális mágneses komponens szolgáltatja a legértékesebb adatokat. A lefelé folytatott regionális tér módot ad arra, hogy jó felbontási tényezővel interpretálhassunk gravitációs vetőket a prekambriai alaphegységben, mely a terület proterozoikus sorozata alatt fekszik. Egy kiválasztott terület logaritmikus energiaspektruma alapján kiszámíthatjuk a regionális (mély) és a felszínközeli komponens átlagos mélységét. Az anomáliák trendjének és intenzitásának megváltozása, amint az a lefelé folytatás térképén megjelenik, arra mutat, hogy az alaphegységben különböző „hatók” lehetnek jelen. Az észlelt kontraszt annak következménye, hogy a mágneses szuszceptibilitás megváltozik a különböző formációknál, amelyek a szerkezeti alakulásokhoz kapcsolódnak (gyűrődés és vető, vagy mindkettő). Ha a térkép felbontási foka elég jó, korrekt és határozott értelmezésekhez juthatunk ezzel az analitikus eljárással. Mély gradiensek, melyek két különböző anomália-rendszeren mutatkoznak, nehézségi vetőkként értelmezendők. Legalább három ilyen normális vető lejtését ki tudtuk számítani. A gazdaságossági szempontból legérdekesebb jelenség itt az, hogy értelmezéssel nyert nehézségi vetők kapcsolatban vannak a felszín közelében elhelyezkedő legtöbb lágvyvastartalmú lelőhellyel. Ezek a normális vetők nem kell hogy egyedi vetők legyenek, hanem lépcsőzetes alakban elhelyezkedő sorozatok is lehetnek. Mindaddig a geológusok által térképezett felszínközeli vetődéseket mind rátalolásokként értelmezték. Részletesebb geológiai térképezés és mennyiségi fúrás, melyet egy gravimetrikus – lelőhelynek bizonyuló – anomáliával kapcsolatban végeztek (Timmins # 6), legalább nehézségi törés jelenlétét mutatta ki, melyek közül kettő szomszédos azokkal, melyek a lefelé folytatásos térképeken jelentkeztek (Seguin 1968g). A beható geológiai doku-

mentációból ismeretes, hogy a prekambriumi alaphegység és a felette levő proterozoikus üledékek bizonyos eltolódáson mentek keresztül haránt-vetők mentén. Minthogy a mágneses tér regionális komponense mintegy 2,4 km-es relatív függélyes eltolódást jelez, ezt az eltolódást nem lehet a lerakódás után bekövetkező átrendeződéssel vagy akár a proterozoikus üledékek gyűrődésével vagy vetődésével értelmezni. Ez azt jelenti, hogy a normális harántvetők mentén bekövetkezett nagyobb méretű eltolódás proterozoikum előtti vagy prekambriumi. Ezek a normális vetők kis mértékben reaktiválódtak a lerakódás után, az üledékek gyűrődése és törése, és így a dúsítás nélkül használható vagy dúsítandó ércek előfordulása kapcsolatban áll az alaphegységben levő longitudinális normális vetőkkel. A mágneses adatok feldolgozás után végzett interpretációs eredményeket összevetettük a gravimetrikus felmérésből nyertekkel, hogy további információt nyerhessünk.

A légi mágneses felmérés reziduális komponensét ábrázoló izovonal-térképet úgy kapjuk, hogy levonjuk a mágneses tér észlelt és az aeromágneses térképen ábrázolt amplitudóját a regionális komponensből. Az amplitudót kivéve a légi mágneses tér reziduális komponense nem sokat tesz hozzá az eredeti légi mágneses térképhez az értelmezés elősegítése tekintetében. Általban a reziduális komponens a totális érték 75%-a, ami annyit jelent, hogy a légi mágneses teret elsősorban a felszíni komponens befolyásolja. Összefoglalva tehát, a légi mágneses tér szűrt és lefelé folytatott komponensének helyes interpretációja bizonyos mértékben fontos információt nyújt azokról az általános területekről, ahol dúsítás nélkül használható vagy dúsításra szoruló ércek elhelyezkedése várható.

8 – A felszíni mágneses adatok feldolgozása

A felszíni mágneses felmérések bizonyos részei kerültek feldolgozásra, mely magában foglalta a szűrést, a lefelé folytatást két szinten és a reziduális komponens elkülönítését. Kiválasztott régiók logaritmikus energiaspektruma két hatószintet jelölt ki. A felszínközeli hatószint mélysége 12-től 20 m-ig változik, átlagos értéke 17 m. A mélyebb mágneses ható szintje 210 és 260 m között van. Ez a két dipol rendszer jelzi a felső illetve az alsó határát a kiválasztott terület vasformáció sávjainak. Egy bizonyos terület felső és alsó dipóljainak átlagos mélysége, összehasonlítva egy vagy több szomszédos területével módot ad arra, hogy számítsuk a vasformációs sávok vastagodását vagy kivékonyságát; ez a vastagságváltozás általában nem áll kapcsolatban a valódi vastagsággal, hanem gyűrődés és/vagy törés eredménye, melyen a vasformációk keresztülmentek. Következésképpen, ha egy kiválasztott terület vasformációjának valódi vastagsága ismeretes, a gyűrődések amplitudóját megkaphatjuk a geológiai szerkezettel együtt (pl. szinklinális vagy antiklinális alakok szerepelnek). Ugyancsak megkapható a törések helye és esetleg relatív elmozdulása, valamint lejtése. Egyes keresztstruktúrákat vagy vetemedéseket a regionális komponens elárul; ezek elhelyezkedése pontosan megfelel a gyűrődés fő harmonikusainak (a hullámhossz mintegy 7,2 km), melyeket a régió nehézségi adatainak analízisével nyertünk (Seguin 1968j). Ez az analízis arra irányult, hogy a reziduális nehézségi értékeket inkább a formációk mentén, mint azokra merőlegesen mutassuk ki. Egy megfelelő nagyságú terület gyűrődéseinek és töréseinek alaposabb megértése módot ad arra, hogy következtetéseket vonhassunk le a lágyvas- és dúsítandóközet-lelőhelyek elhelyezkedésének periódusosságáról. Ha ezek a lerakódások meghatározott horizonton (régi peneplénen)

helyezkednek el, akkor ezek bizonyos mértékű periódusosságot mutatnak (pl. csapásmenti gyűrődések vagy vetődések mentén, vagy kereszt-gyűrődéseken és kereszt-töréseken vagy különösen ilyen rendszerek keresztvezőési pontjain), aminek mind mágneses, mind gravimetrikus jelei vannak jellegzetes hullámhosszakkal és amplitudókkal. A főharmonikusok ténylegesen megmagyarázzák a lágyvas-lerakódások többségének jelenlétét bizonyos helyeken, de nem adnak magyarázatot arra, hogy miért hiányoznak azok hasonlóan kedvezőnek mutató helyeken. Nem lehet figyelmen kívül hagyni a vastartalmú telepek lerakódási környezetének fontosságát, a facies változását a vasformációk csapása mentén és arra keresztben, mint pl. egy predominánsan vasoxidos facies fokozatos kicserélődése uralkodó vas-karbonátos faciesre gyakran leglogikusabb magyarázatát adja annak, hogy hiányzik a dúsítás nélkül felhasználható érc olyan területeken, ahol a szerkezeti kép kedvező helyzetet indikál.

Részletes felmérések

A geofizikai felmérések kvalitatív értelmezése és a kiválasztott anomáliák kísérleti megfúrása után részletes geofizikai tanulmányoknak vetettük alá azokat az anomáliákat, ahol a kísérleti fúrás dúsítás nélkül felhasználható vagy dúsítható érc jelenlétét mutatta. Különböző vonaltávolság és állomástávolság kísérletek után olyan sztenderd hálózatot fogadtunk el, ahol a csapás mentén 60 m, arra keresztben 15 m volt a hálózat-táv. Kombinált részletes nehézségi és mágneses méréseket végeztünk minden egyes ismert (mennyiségre fúrt) lelőhelyen, melyeket a szokványos geológiai módszerekkel találtak azért, hogy tipikus gravimetrikus és mágneses jellemzőket állapíthassunk meg (Seguin 1966d, 1966i, 1971d), továbbá a geofizikai módszerekkel talált lelőhelyeken is (Seguin 1968a,e,f).

1. Nehézségi felmérések

A felméréseknél alkalmazott redukciók, korrekciók és adatkinyerési módok ugyanazok, mint az áttekintő méréseknél.

2. Félkvantitatív értelmezés

A regionális háttér és a reziduális anomáliák elválasztása polinomiális szűrőtechnika alkalmazásával történt. A számításokat digitális számítógépekkel végeztük. Általában két reziduális térképet szerkesztettünk; az első regionális térképet első (fokú) polinomiális szűréssel kaptuk és az elsőrendű regionális nehézségi tér közvetlen numerikus levonása a totális (Bouguer) gravimetrikus mezőből szolgáltatja az első reziduális nehézségi térképet. Ezután ennek a simított függvénynek az értékeit pontról pontra hozzáadjuk az elsőrendű regionális nehézségi értékekhez és így másodrendű regionális gravitációs térképet kapunk. Végül a másodrendű reziduális nehézségi térképet úgy kapjuk, hogy pontról pontra levonjuk az első reziduális nehézségi értékeket a simított függvényből, melyet a második regionális számításából nyertünk. Ekkor a kapott eredmények fizikai és geológiai jelentőségét kell kielemezni. Az első regionális térkép közelítőleg reprezentálja a felszíni szerkezeteket egy, a vasformáció alatti szinten, míg az első reziduális az egész vasformáció kifejezése a földkéreg felszínén. A második regionális nagyjából a vasformáció alatti mélyszerkezeteket jelzi, továbbá a változatlan vasformáció egy szeletét, mely feltehetően az egész vasformációs oszlop alsó részében fekszik. Ezzel az értelmezéssel a második reziduális a metamorfizált és feldúsított lágyvas és/vagy dúsítandó kőzetblokk képét adja az egész vasformáció-elhelyezkedésen belül. Így

hát a végleges reziduál-térkép reprezentálja az egész vas-formációs sávot, levonva ebből a könnyebb, nem változott részt, vagy más szóval a sűrűbb lágyvasérc és/vagy dúsitandó közetrészt. Ez feltehetőleg az egész gravitációs kép „geológiai reziduuma” és a félkvantitatív interpretáció alapja (Seguin 1966b,k,l, 1967g, 1968a, 1969a, 1971b). Az inverz probléma megoldásánál a potenciálmélet keretében azonosítanunk kell a nehézségi anomáliákat (Δg értékeket) az elméleti modellekből számított gravitációs effektussal.

3. A hatótömeg azonosítása

Elszigetelt reziduális alakulatok félkvantitatív interpretációja annyit jelent, mint megtalálni a hatótömeg helyét, nagyságát (méreteit) és alakját potenciálterének analízise útján. Minthogy a potenciálmélet inverz problémájának teljes megoldása lehetetlen, és pedig mind elméletileg, mind a gyakorlatban, közelítő, valószínű megoldást keresünk a geológiai testek idealizált alakban való elképzelésével. Az ilyen modellek közül kettő mutatkozik a leghasznosabbnak: a véges, vízszintes henger, de még általánosabban a „szalag” modell. Az ilyen egyszerű modellek célja az, hogy információt szolgáltatassanak a mélységre, a mélységi kiterjedtségre, az átlagos szélességre, hosszúságra és a vasformáció átlagos lejtésére. A feladat abban áll, hogy úgy válasszuk meg a modell dimenzióit és sűrűség-kontrasztját, hogy annak gravitációs hatása a lehető legjobban megközelítse az anomália alakzat reziduál értékét, ez pedig nagyrészt görbe- vagy felületillesztési kérdés.

A nehézségi térképen megjelenő izolált anomália tényleges alakja a főkritérium a görbe-illesztésnél alkalmazandó legrealisztikusabb modell kiválasztásánál. A hatótömeg méreteinek, nagyságának, elhelyezkedésének meghatározásánál még négy további kritérium szerepelhet: az anomáliagörbék (izovonalak) értéke vagy intenzitása, élessége, felbontóképesége és elongációja. A nehézségi anomália-kontúrok elongációs iránya jelezheti a ható-szerkezet hosszirányát. Az anomália élessége legvilágosabban a profilgörbékben mutatkozik. Éles anomáliák könnyen azonosíthatók, míg a szélesebb, elmosódottabb anomália könnyen beleolvad a háttérbe. Mennél élesebb az anomália, annál sekélyebb a tömeg. A gravitációs anomália nagysága, intenzitása a legalapvetőbb jellemző, miután az anomália nagysága arányos az őt okozó szerkezet nagyságával (méreteivel). A nagyság arányos a sűrűség-kontraszttal is a szerkezet és az anyakőzet között. Egy anomália maximális értékét és a legerősebb lejtés értékét esetenként felhasználják a vasérctest vagy szerkezet mélységének megbecslésére, ha a szerkezetet a vonatkozó elméleti modellel veszik azonosnak. Ezenfelül, minthogy a vasérctest vagy szerkezet mindenütt sűrűbb, mint az anyakőzet, melybe az be van ágyazva, a test vagy szerkezet lehetséges maximális mélységét a Smith-féle egyenlőtlenségek segítségével is megbecsülhetjük.

Ezután alkalmazzuk a „szalag-modellel” kapcsolatban szereplő főparamétereket vagy jellemző becslő mennyiségeket: ezt a modellt a fentebb ismertetett kritériumok alapján választottuk ki. Minthogy a nehézségi hatás — talán nagyobb mértékben is, mint egyéb terepi észlelés — érzékeny az ilyen testek csapáshosszúságára, nem szabad feltételeznünk, hogy a szalag végtelen hosszúsú. Vegyük tehát végesnek feltételezett hosszát $2L$ -nek, mélységi kiterjedését l -nek, lejtését d -nek, vastagságát t -nek és a szalag tetejének az észlelési felszíntől számított távolságot h -nak. A különböző paramétereket a gravitációs effektus profiljaiból nyerhető becslő mennyiségekből számítjuk ki (Seguin 1966a, 1968a, b, 1969a).

Megfigyelhettük, hogy egy előre meghatározott geometriai modell (esetünkben speciálisan a szalag-modell) alkalmazása jobb egyezés elérését tette lehetővé az észlelt adatokkal, mint egy automatikus számítógép-program, mely poligonális vagy háromszöges blokkokat használ. Csaknem valamennyi esetben a lágyvasérctest előirányzott geometriája közelebb volt a valósághoz, ha a szalag-modellt alkalmaztuk. Minden esetben azt találtuk, hogy a legjobb egyezés az elméleti modell és a hatótest tényleges alakja és dimenziói között a második reziduál-térkép használatánál adódott. A Timmins No. 2 telep — melyet fúrásokkal teljesen feltártak 1967-ben és 1968-ban — jó példa az összehasonlításra a tényleges és a számított ércetest-konfiguráció között. A fontosabb összetett paraméterek a következők:

Átlagos érték	A lágyvasérctest tényleges konfigurációja	Az ekvivalens hatótömeg számított modellje
d	58° NE	55° NE
l	112 m	130 m
h	10 m	12 m
L	630 m	606 m
t	31 m	30 m

Annak ellenére, hogy ennek az ércestestnek az átlagos vastagsága közel háromszorosa mélységi fekvésének, igen jó egyezés érhető el nehézségi effektusát illetően a vékony szalag-modell használatával. Ez arra mutat, hogy a nehézségi módszer nem érzékeny az olyan testek vastagságára, melyek ilyen táblaalakot mutatnak. A nagy különbség, mely az első reziduális nehézségi térkép és a második reziduális gravitációs térkép interpretációja között fellép, mutatja, hogy milyen hasznos a megfelelően szűrt reziduális térkép, mint amilyen a második reziduális nehézségi térkép. Ez ugyanakkor azt mutatja, hogy a reziduális nehézségi tér kiszűrése a regionális térből szintén része az interpretációnak, bár jelentősége nem forgácsolódhat szét egyes izolált paraméterek sorára. Következésképpen úgy tűnik, hogy a különböző paraméterek felbontóképesége a szalag-modell alkalmazása esetén, ha azt a második reziduális Bouguer anomáliához illesztjük, a legjobb interpretációját szolgáltatja a gravimetrikus anomáliáknak és alkalmas arra, hogy a már dúsult vagy dúsítandó érc felkutatását lehetővé tegye.

4. Méret- és mennyiségi számítások

A nehézségi anomáliák nagysága más szempontból is fontos. A nehézségi felmérés által jelzett tömegtöbblet közelítőleg meghatározható az intenzitásokból még akkor is, ha a hatótest sűrűségeltérése és geometriája (alakja) nem ismeretes. Valóban, a reziduális nehézségi anomáliák alapján elvégezhető legegyszerűbb számítás a hatótömeg M tömegtöbbletének kiszámítása. A számítás alapja a következő formula:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \Delta g(x, y) dx dy = 2\pi G M,$$

melynél a Δg -t integráljuk az (x, y) síkra. A számítások elvégzésénél két gyakorlati nehézség merül fel: először az a tény, hogy az adatok csak lehatárolt területen belül állanak rendelkezésre, bár elméletben a számítást (integrálást)

az egész (x, y) síkra ki kellene terjeszteni, másodsor pedig, hogy bizonytalanság lép fel a Δg amplitúdójában, ha a regionális korrekciót végrehajtottuk, mert csaknem mindig csökkentjük a reziduál anomáliát, levágva a végeket és így lényegesen redukálva az integrál értékét. A két hatást kompenzálhatjuk, ha korrekciót alkalmazunk az integrálra és polinomális szűrést használunk. Ismét a fentebbi példát véve mintául (vagyis a Timmins No. 2-t), $M = 1,09 \cdot 10^6$ tömegtöbbletet számoltunk ki; a környező közet (kvarcit) sűrűsége $2,6 \text{ gr cm}^{-3}$ volt, a vastartalmú formációé $3,2 \text{ gr cm}^{-3}$. A teljes tömeg kiszámításához a többlettömeget meg kell szorozni a vastartalmú formáció és a sűrűség-eltérés hányadosával. Így a Timmins No. 2 telep teljes tömege: $T = \frac{3,2}{0,6} \cdot 0,6 \times 1,09 \times 10^6 = 5,8 \times 10^6$ tonna. A számított modell helyes-

ségének ellenőrzésére kiszámítjuk az ennek a modellnek megfelelő tömeget és összehasonlítjuk azt a Gauss-tétel alapján becsült tömeggel, ami független az ércetest konfigurációs alakulásától. A $V = L \times l \times t$ térfogat értéke: $2000 \times 430 \times 101 = 8,69 \times 10^7$ köbláb. A tömegtényező értéke: $f = 13$ köbláb tonnánként, így a teljes tömeg $T = 6,7 \times 10^6$ tonna. Ez jól egyezik a Gauss-féle fluxuselmélet alapján kiszámolt $5,8 \times 10^6$ tonnával, ami arra mutat, hogy a szalag-modell itt jól alkalmazható.

5. Ércminőség-becslések

A térfogatsúly (specifikus súly) korrelációját az Fe + Mn százalékkal, valamint az SiO_2 és a reziduális nehézségi értékek (Δg) korrelációját az Fe + Mn %-kal és az SiO_2 százalékkal kiszámoltuk számos dúsítás nélkül használható ércre, melyeket a sztenderd geológiai kutatással és térképezéssel és néhány, az újonnan kidolgozott geofizikai módszerekkel talált érctelepre (Seguin 1967d, e, f, h, i és j). Azután kiszámoltuk az esetleges — a graviméteres anomália által kijelölt — érctestre a fémtartalmat egy bizonyos területen a kapott korrelációs görbék segítségével (Δg értékek és az Fe + Mn százalék és a SiO_2 tartalom között) a környező telepekre, melyek a célterületen belül feküdtek.

6. Részletes felszíni mágneses felvételek

A részletes mágneses felvételek korrekciós és összeállítási munkái ugyanazok, mint az áttekintő felvételeknél alkalmazottak (Seguin 1971f, i). Az egyes profilokra vagy síkokra kapott reziduál értékeket használtuk a felszíni mágneses adatok félkvantitatív interpretációjánál. A mágneses felvételek magukban foglalták a vertikális komponens mérését és alkalmakként a horizontális komponens mérését is.

7. A felszíni mágneses adatok interpretációja.

Minden félkvantitatív mágneses interpretáció indirekt abban az értelemben, hogy a modellek alkalmazásától függ. A feldolgozó tehát igen nagy mértékben rászorul az iterációs görbeillesztő módszerekre. Az ilyen megközelítésnél fellépő gyakorlati problémákat növeli az a körülmény, hogy a mágnesezés iránya két újabb változót tesz hozzá a modell dimenzióihoz. A jellemző görbék segítségével történő mágneses interpretációnál is általánosan használatos a szalag-modell mágneses ásványokat tartalmazó üledékes telepeknél. Erre a célra tekintsünk egy egyenletesen mágnesezett szalagot kis t vastagsággal, l szélességgel vagy mélységi kiterjedéssel, L teljes csapáshosszal, d dőléssel, melynek csapásiránya S , mágneses momentumának irányítottságát (M) a D

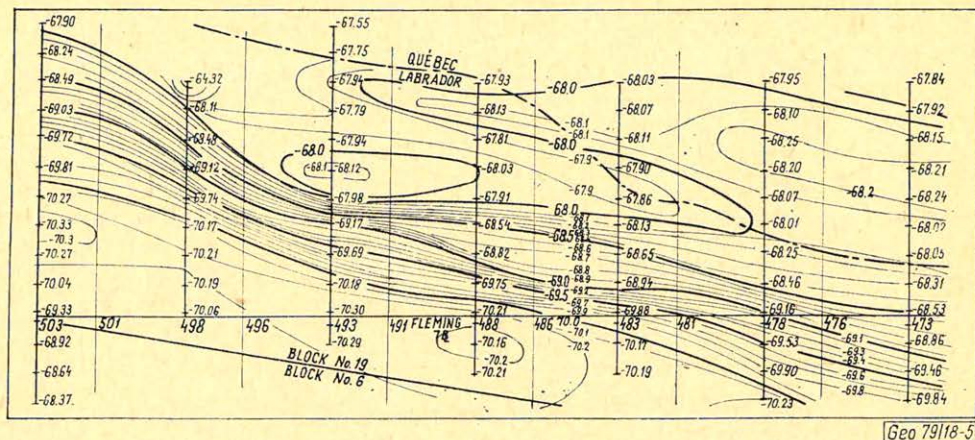
deklináció és az I inklináció jellemzik (Seguin 1969b,c). Első lépésben feltehetjük, hogy a demagnetizációs tényező, mely rétegszerű testeknél általában nagyobb a tranzverzális, mint a parallel mágnesezettségnél, elhanyagolható, minthogy a mágneses szuszeptibilitás k nem haladja meg a 0.02 cgs egységet és így nem alkalmaztunk külön korrekciót e miatt az anizotrópia miatt. Másodsorban feltettük, hogy a mágneses szalagoknak nincs M_r remanens mágneses momentumok, és az eredő mágneses momentum azonos az indukált momentummal, vagyis $M_R = M_i = kF$, ahol k a térfogat ferromágneses szuszeptibilitás és F a mágneses térerősség. Kiderült, hogy ez a feltevés helytelen. Az ércetek számításánál mutatkozó eltérések igen gyakran a remanens mágneses komponens jelenlétének tulajdoníthatók. A Timmins No. 2 telepet véve ismét példának megfigyelhettük, hogy a vertikális mágneses komponens alkalmas arra, hogy két mágneses magas értékű csíkot jelölhessünk ki a lágyvastartalmú kőzet két oldalán; az ércet alacsony reziduális mágneses intenzitású területnek felel meg a két mágneses sáv között. A törések alacsony mágneses értékvonallakkal esnek egybe. Az alább közölt adatok mutatják a Timmins No. 2 telepre számított paraméterértékeket először úgy, hogy nem vettük figyelembe a remanens mágnességet, azután annak figyelembevételével.

Anomália		Átlagértékek					
No.	d fok	h (m)	l (m)	$2L$ (m)	t (m)	$ \vec{M}_r $ cgs egység	k cgs egység
1	32° NE	8	39	352	9	$3,36 \times 10^{-3}$	$6,01 \times 10^{-3}$
2	36° NE	8	27	422	17	$1,06 \times 10^{-3}$	$1,82 \times 10^{-3}$

Világos, hogy az 1 és 2 anomáliákra számított 34°-os dőlés nem a helyes érték, mert a tényleges dőlés mintegy 60° NE. Ha korrekciót alkalmazunk a meglevő természetes remanens komponens tekintetbevételével, a következőt kapjuk:

Anomália	d	h	t	$ \vec{M}_R $	$ \vec{M}_i $	k
No.	fok	(m)	(m)	cgs egység	cgs egység	cgs egység
1	58° NE	5	6	$2,81 \times 10^{-3}$	$2,61 \times 10^{-3}$	$5,09 \times 10^{-3}$
2	52° NE	8	16	$1,54 \times 10^{-3}$	$9,77 \times 10^{-4}$	

Ezek az eredmények azt mutatják, hogy a remanens mágneses komponens intenzitása ugyanúgy, ha nem nagyobb mértékben fontos, mint az indukált komponens és hogy az \vec{M}_R és \vec{M}_i vektorok csaknem merőlegesek egymásra. Az 1 és 2 anomáliák igen szembetűnőek a horizontális intenzitás profiljain és ezt legnagyobbbrésben a remanens komponens okozza. De a horizontális mágneses komponens felmérése még hasznosabbnak bizonyult olyan esetekben, amikor a telep laposan fekszik, vagy csak gyengén lejt; következésképpen előnyösen használható szubpoláris területeken valamint az ekvatoriális zónában is. A horizontális mágneses komponens felvétele megmutatja, hogy a remanens komponens a térben változik mind intenzitás, mind irányítottság tekintetében

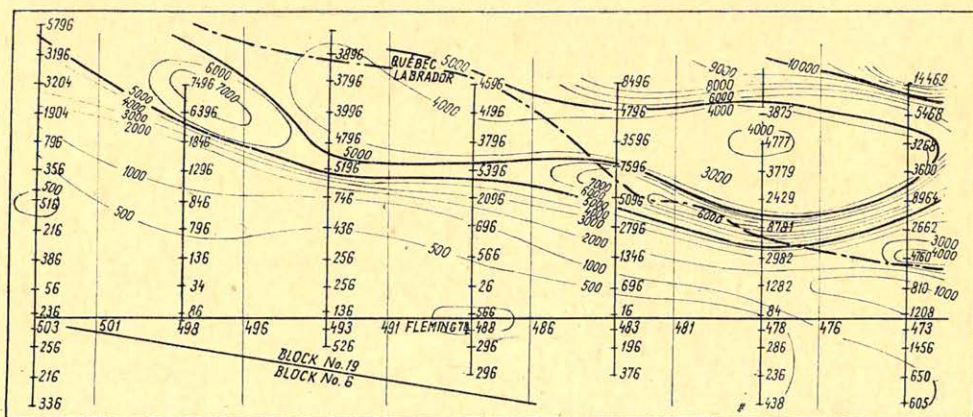


Geo 79/18-5

5. ábra. A 103 sz. anomália Bouguer-izovonalas térképe (abszolút értékek); a vonalak értékköze: 0,1 milligal, a hálózat 80×30 m.

Рис. 5. Карта аномалий Буге (абсолютные значения) для аномалии № 103; контурный интервал 0,1 мгал, сетка 80×30 м.

Fig. 5. Bouguer (absolute values) contour map of Anomaly No: 103; contour interval = 0.1 milligal and grid of 80×30 m



Geo 79/18-6

6. ábra. A mágneses tér vertikális komponensének izovonalas térképe (relatív intenzitás); a vonalak értékköze: 550 gamma, a hálózat: 80×30 m.

Рис. 6. Карта вертикальной компоненты магнитного поля (относительная интенсивность); контурный интервал 550 гамма, сетка 80×30 м.

Fig. 6. Contour map of the vertical component of the magnetic field (relative intensity); contour interval: 550 gammas and grid of 80×30 m

és kapcsolatban áll az átalakulás fokával. Sok esetben észleltük, hogy a Königsberger viszony: Q megnövekedett értéke arányos a vastartalmú formáció átalakulási fokával.

8. Tömegszámítások a felszíni mágneses adatok alapján

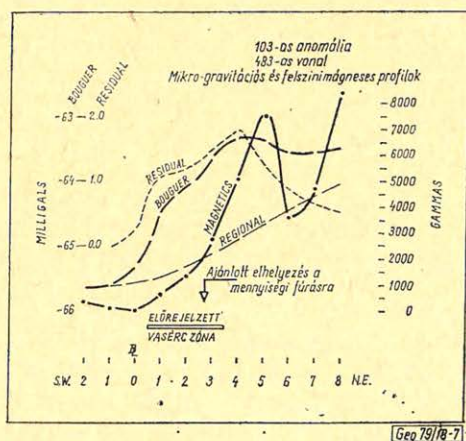
A Timmins No. 2 telep tömegét számítottuk úgy, hogy csak a felszíni mágneses felmérés vertikális komponens adatát használtuk fel az interpretációnál. Az erre a célra használt paraméterek voltak: t a szalagok vastagsága, d azok dőlése, l a mélységi kiterjedés, f az átlagos távolság az 1-es és 2-es anomália között, és végül $2L$ a szalagok teljes hossza. Ezek számértékeit az előző szakaszban közöltük. A V térfogatot a következő formulával számítottuk:

$$V = l_{12} \times \sin d_{12} \times (f - t_1 - t_2) \times 2L = 8,7 \times 10^7$$

köbláb, és a 13 köbláb/tonna tömegtényező alkalmazásával azt kaptuk, hogy $T = 6,7 \times 10^6$ tonna. Ez az érték közel jár ahhoz, melyet a gravitációs számítással kaptunk és jól megegyezik a tényleges kibányászható tömeggel, mely $6,34 \times 10^6$ tonna.

Esetttörténet: a 103-as anomália

A No. 103 anomália esetében végzett félkvantitatív interpretáció (a mágneses és gravitációs felmérések alapján) tipikus példa a geofizikai módszerek sikeres alkalmazására a dúsítatlanul használható vagy dúsításra szoruló ércek kutatásánál. Az áttekintő gravitációs és mágneses felmérést az 1966-os nyári terepi évszakban végeztük (Seguin 1966h,i,m, 1967c). A felmérési hálózat 150×30 m-es volt. A No. 103-as anomália reziduális nehézségi értékei 7 és 13 nehézségi egység között vannak, a mágneses reziduális intenzitás igen változó (400-tól 7000 gammáig), tekintettel a Wishart kvarcit-Fleming



7. ábra. Mikronehézségi értékek és felszíni mágneses profilok a 483-as vonal felett. Az értelmezett geofizikai profilokat felhasználták a helyi készletbecsléshez

Рис. 7. Микрогравитационный и магнитный профили вдоль линии № 483. Интерпретированные геологические профили были использованы для локализации массы.

Fig. 7. Microgravity and ground magnetic profiles over line No. 483. The interpreted geophysical profiles are used to locate tonnage holes

kovakő breccsa háttérre. Az anomália délnyugati szárnyán graviméteres maximum van együtt mágneses alacsony értékkel. Az anomália által kijelölt terület jó gazdaságossági lehetőségeket ígért, és ajánlottuk 9 kutatófúrás mélyítését a 200 láb széles sávon (Seguin 1971c,k, 1972a,c). Az anomália kísérleti megfúrása és árkolása az 1972-es és 1973-as nyári évszakban történt meg és lágyvasérc-formációt találtak. Az anomália mennyiségi értékét ajánlhattuk gazdasági kihasználásra és $6,3 \times 10^6$ tonnára becsültük. A számított átlagos fémtartalom 62 súlyszázalék Fe + Mn volt. A számított telephossz 1050 m, átlagos vastagsága 55 m és az átlagos mélységi kiterjedés 33 m volt.

Az 1972-es és 1973-as nyáron mikrogravitációs felmérést végeztünk 65×15 m-es hálózaton mágneses vertikális komponens észlelésével együtt. Az 5. ábra mutatja a No. 103-as anomália Bouguer izanomália-térképét, a 6. ábra pedig a felszíni vertikális mágneses komponens izanomália-térképét adja. Az így nyert részletes geofizikai információkat és az azokra alapozott dőlési, mélységi kiterjedési és fekvési, vastagsági és hosszassági, mennyiségi és minőségi adatokat erre a hatótestre vonatkozóan Seguin közölte (1972d, 1973b, 1973c). Ezen különféle paraméterek számításához használt meghatározó adatokat egy sor profilból nyerték, melyeket a 483-as vonalon láthatunk (lásd a 7. ábrát). Egy mágneses alacsony terület, mely pontosan egybeesik egy gravitációs magas területtel az LIF – MIF-horizontok szomszédságában (8. ábra), igen kedvezőnek látszott dúsíthatatlanul használható vagy dúsítható ércetek felfedezésére. A rendelkezésre álló geofizikai információk alapján azután tömegkutató fúrást mélyítettünk a 2+60 NE jelű állomás szomszédságában a 483-as vonalon (Seguin 1972d). A részletes nehézségi reziduálok alapján számított paraméterek így alakultak:

g	d	h	t	$2L$	l	V	T
(mgal)	fok	(m)	(m)	(m)	(m)	(köbláb)	(tonna)
0,98	51° NE	4	53	800	125	$9,7 \times 10^7$	$8,9 \times 10^6$

A mennyiségi fúrások ezen az anomálián még folyamatban vannak, de megközelítőleg 6–8 millió tonna lágyvas a várható mennyiség nagyságrendje. A 9. ábra bemutatja a 488-as profil geológiai szelvényét.

Következtetés

A dúsítás nélkül használható vagy dúsítandó érc kutatása érdekében átnézetes gravitációs felmérést kell végrehajtani, vertikális felszíni mágneses felvétellel együtt. Erre a célra egy 300×30 m-es hálózat jól használható. A Schefferville területen a felszíni vertikális mágneses felvétel hasznosabbnak bizonyult a horizontális komponens felmérésénél a cél elérésére, de ez nem szükségképpen van így, ha a módszert alacsonyabb szélességeken vagy az egyenlítői területeken alkalmazzuk. A mérési vonalaknak a formáció csapásirányára merőlegeseknek kell lenniük és ki kell terjeszkedniük az anyakőzetre is mindkét oldalon. A kvalitatív interpretációs szinten a feldolgozott átnézetes felvétel adatokat (pl. lefelé folytatás, első és második deriváltak stb.) használjuk fel általában. A gravitációs és mágneses adatok feldolgozása – ideértve a szűrőtechnikát is – további információkat szolgáltat a szerkezeti alakulásokról, mint pl. a törések vagy gyűrődések tengelyére, vagy a gyűrt szerkezetek bemerülésére, melyek gyakran irányítják a lágyvas-előfordulást. A kutatófúrás és/vagy kutatóárkok ásása után a legkedvezőbbnek ígérkező anomáliákat részletes

és a telep átlagos fémtartalmának számítása, melyet még a mennyiségű fúrások előtt végzünk el, miután ez lényeges a költséges fúrások tervének kidolgozásánál, melyek magukban foglalják a minőségi és mélyszerkezeti fúrásokat is, s melyeket rendszeren végeznek a nyitott feltáró vágatok megkezdése előtt. Az egész geofizikai eljárás példájával a nemrégiben a 103-as anomálián felfedezett telepet mutatjuk be. Mintegy 100, sőt több hasonló módon kiemezett anomália várja ugyanazon a területen a kutatófúrást vagy árkolást (Seguin 1974). A geofizikai interpretáció különböző lépéseit abban a reményben írtuk le, hogy azok ugyanolyan sikerrel lesznek alkalmazhatók Dél-Amerika vaselőfordulásain (pl. Brazíliában, Argentínában, Peruban), vagy Ázsiában (különösképpen Indiában). 1966 óta mintegy 45–50 millió tonna dúsítatlanul felhasználható vagy dúsítandó ércet találtak a kombinált geofizikai módszerek segítségével a Schefferville területen (*1. táblázat*) és egészen biztos, hogy még sokat fognak találni. Egy gravitációs reziduális magaslat (3 vagy több gravitációs egységnyi) és egy reziduális vertikális mágneses alacsony terület (4000–6000 gammányi vagy kisebb, sőt néha negatív értékű, melyet remanens mágneses komponens jelenléte okoz) jele annak, hogy érdemes kutatni a területen dúsítatlanul használható vagy dúsítandó vasérc után (Seguin 1972f).

IRODALOM

- [1] *Seguin, M. K.*: (1965) – Wishart – 2 and Wishart West Gravity Measurements and Interpretation. Open file report to IOCC, October and November 1965, 17 pp.
- [2] *Seguin, M. K.*: (1966a) – Gravity Models for Carbonate (Siderite) Iron Formation. Open file report to IOCC, June 9th, 1966, 19 pp.
- [3] *Seguin, M. K.*: (1966b) – Residual gravity calculations concerning the extension of gravimetric anomaly No: 22 towards the northern end. Open file report to IOCC, June 17th, 1966, 4 pp.
- [4] *Seguin, M. K.*: (1966c) – Evaluation and interpretation of gravity work from Fleming to Triangle Lake area. Open file report to IOCC, August 25th, 1966, 17 pp.
- [5] *Seguin, M. K.*: (1966d) – Knob Lake No: 1 deposit; gravimetric and magnetic test surveys. Open file report to IOCC, August 23rd, 1966, 6 pp.
- [6] *Seguin, M. K.*: (1966e) – Re-evaluation of the Wishart West 1965 geophysical work with the help of the additional 1966 geophysical surveys. Open file report to IOCC, August 24th, 1966, 5 pp.
- [7] *Seguin, M. K.*: (1966f) – Evaluation of the 1965 gravity work and the 1966 drilling at Wishart West. Open file report to IOCC, July 8th, 1966, 21 pp.
- [8] *Seguin, M. K.*: (1966g) – Ground magnetometer survey in Triangle Lake area. Open file report to IOCC, July 27th, 1966, 7 pp.
- [9] *Seguin, M. K.*: (1966h) – Report on ground magnetometer in the Fleming and Upper Fleming areas. Open file report to IOCC, August 9th, 1966, 8 pp.
- [10] *Seguin, M. K.*: (1966i) – Geophysics: Fleming No: 2 and No: 9 areas. Open file report to IOCC, August 24th, 1966, 4 pp.
- [11] *Seguin, M. K.*: (1966j) – Geophysical Surveys in the 1966 mapping area. Open file report to IOCC, August 30th, 9 pp.
- [12] *Seguin, M. K.*: (1966k) – Evaluation of the geophysical anomaly on the Fleming No: 1 twin structure (Anomaly No: 13). Open file report to IOCC, July 9th 1966, 5 pp.
- [13] *Seguin, M. K.*: (1966l) – Special report on anomalies No: 22 and No: 2A. Open file report to IOCC, September 5th, 1966, 14 pp.
- [14] *Seguin, M. K.*: (1966m) – 1966 geophysical work in the Fleming area. Open file report to IOCC, September 9th, 1966, 2 pp.
- [15] *Seguin, M. K.*: (1967a) – Calculation of the tonnages of anomalies No: 22, 23, 2A and Fleming #3. Open file report to IOCC, August 14th, 1967, 9 pp.
- [16] *Seguin, M. K.*: (1967b) – Geophysical evaluation of the ore potential of the Fleming No: 9 to Barvey No: 1 area. Open file report to IOCC, September 9th, 1967, 12 pp.
- [17] *Seguin, M. K.*: (1967c) – Evaluation and interpretation of gravity and magnetic work in the Fleming No: 2 and No: 9 areas. Open file report to IOCC, June 18th, 1967, 9 pp.

- [18] *Seguin, M. K.*: (1967d) – Procedure to be followed in the derivation of regression curves and the calculation of errors. Open file report to IOCC, July 21th, 1967, 10 pp.
- [19] *Seguin, M. K.*: (1967e) – Correlation study: residual gravity *vs* % (Fe+Mn) and % SiO₂ at Redmond No: 1. Open file report to IOCC, August 3rd, 1967, 8 pp.
- [20] *Seguin, M. K.*: (1967f) – Correlation study: residual gravity *vs* % (Fe+Mn) and % SiO₂ at Fleming No: 2 and Fleming No: 7 deposits. Open file report to IOCC, August 4th, 1967, 10 pp.
- [21] *Seguin, M. K.*: (1967g) – Interpretation of residual gravity at Barney No: 1 (Upper Fleming area). Open file report to IOCC, August 10th, 1967, 8 pp.
- [22] *Seguin, M. K.*: (1967h) – Correlation study: residual gravity value *versus* % (Fe+Mn) and % SiO₂ at Fleming No: 3 deposit and Anomaly No: 2A. Open file report to IOCC, August 31st, 1967, 7 pp.
- [23] *Seguin, M. K.*: (1967i) – Correlation study: residual gravity value *versus* the percentage of (Fe+Mn) and SiO₂ at Fleming No: 10. Open file report to IOCC, September 4th, 1967, 9 pp.
- [24] *Seguin, M. K.*: (1967j) – Residual gravity, bulk density, percentages of (Fe+Mn) and SiO₂; correlation study on some known deposits in the Knob Lake area. Open file report to IOCC, September 6th, 1967, 8 pp.
- [25] *Seguin, M. K.*: (1967k) – Relative intensity of magnetism *versus* weight percent Fe₃O₄ recovery over some soft iron ore deposits. Open file report to IOCC, September 5th, 1967, 12 pp.
- [26] *Seguin, M. K.*: (1968a) – Micro-gravity survey on the Timmins #2 experimental grid. Open file report to IOCC, August 19th, 1968, 5 pp.
- [27] *Seguin, M. K.*: (1968b) – Detailed gravimetric survey and tonnage estimate for treat rock in the Lance Ridge area. Open file report to IOCC, August 10th, 1968, 7 pp.
- [28] *Seguin, M. K.*: (1968c) – Final re-evaluation of all the gravimetric and magnetic survey carried out between Fleming and Triangle Lakes. Open File report to IOCC, June 23rd 1968, 12 pp.
- [29] *Seguin, M. K.*: (1968d) – Geophysical appraisal of areas investigated by Sulmas Exploration Services Ltd in 1960 for Hollinger North Shore. Open file report to IOCC, June 17th, 1968, 30 pp.
- [30] *Seguin, M. K.*: (1968e) – Vertical magnetometer survey on the Timmins #2 experimental grid. Open file report to IOCC, July 19th, 1968, 7 pp.
- [31] *Seguin, M. K.*: (1968f) – Horizontal magnetometer survey in the Timmins #2 experimental grid area. Open file report to IOCC, July 24th, 8 pp.
- [32] *Seguin, M. K.*: (1968g) – Comments on the interpretation of the filtered, downward and/or upward continued aeromagnetic maps in the Rosemary-Elross Lakes, Triangle Lake and Howells River, as well as the ground magnetic maps in the Triangle Lake and Howells River areas. Open file report to IOCC, July 24th, 1968, 14 pp.
- [33] *Seguin, M. K.*: (1968h) – Refraction seismic study and overburden depth determination in the Fleming No: 10 (Timmins No: 2) mining area. Open file report to IOCC, July 15th, 1968, 7 pp.
- [34] *Seguin, M. K.*: (1968i) – Seismic and gravity work on Lance Ridge. Open file report to IOCC, June 25th, 1968, 8 pp.
- [35] *Seguin, M. K.*: (1968j) – Tectonic study of the Fleming No: 2 – Elross-Barney area. Open file report to IOCC, June 22nd, 1968, 10 pp.
- [36] *Seguin, M. K.*: (1969a) – Quantitative interpretation of the micro-gravity survey conducted on the Timmins #2 experimental grid. Open file report to IOCC, June 23rd, 1969, 18 pp.
- [37] *Seguin, M. K.*: (1969b) – Quantitative interpretation of the horizontal component of the magnetic field in the Timmins #2 area. Open file report to IOCC, June 21st, 1969, 7 pp.
- [38] *Seguin, M. K.*: (1969c) – Quantitative interpretation of the vertical component of the magnetic field in the Timmins #2 area. Open file report to IOCC, June 13th, 1969, 20 pp.
- [39] *Seguin, M. K.*: (1969d) – Final appraisal and re-evaluation of the geophysical information in the Knob Lake area, i.e. between Redmond and Kivivic. Open file report to IOCC, July 7th, 1969, 3 pp.
- [40] *Seguin, M. K.*: (1969e) – Quantitative interpretation of the gravimetric and magnetic surveys in the Timmins #6 area and in its vicinity – Geophysics 1969. Open file report to IOCC, July 9th, 1969, 8 pp.
- [41] *Seguin, M. K.*: (1970) – Proposal for the downward continuation analysis of the gravity surveys in the Triangle Lake–Timmins–Fleming #9 area. Open file report to IOCC, August 18th, 1970, 14 pp.

Telepek jegyzéke, melyeket geofizikai anomáliák megfúrásával fedeztek fel

Nehézségi anomália sz.	Felmérés fajta	Hálózat	Típus	Számított mennyiség ($\times 10^6$ tonna)	Módszer
22	Nehézségi	1000' \times 100'	Áttekintő kutatás	9,3	Horizontális hengermmodell
22	Nehézségi	1000' \times 100'	Áttekintő kutatás	8,1	Gauss tétele
22	Nehézségi	100' \times 25'	Részletes kutatás	6,61	Reziduálok
22	Nehézségi	100' \times 25'	Részletes kutatás	5,8	Tömegfelesleg
22	Nehézségi	100' \times 25'	Részletes kutatás	6,7	Szalag-modell
22	Nehézségi	1000' \times 100'	Áttekintő kutatás	—	—
22	Felszíni mágneses	100' \times 25'	Részletes felmérés	8,2	Függélyes összetevő
22	Felszíni mágneses	100' \times 25'	Részletes felmérés	6,9	Vízszintes összetevő
22	Felszíni mágneses	100' \times 25'	Részletes felmérés	7,73	Szalag-modell
22	Felszíni mágneses	100' \times 25'	Részletes felmérés	5,8	Szalag-modell
23	Nehézségi	100' \times 100'	Áttekintő kutatás	8,1	Vízszintes henger-modell
23	Nehézségi	500' \times 100'	Áttekintő kutatás	10,3	Tömegfelesleg
23	Nehézségi	300' \times 100'	Részletes felmérés	10,5	Tömegettöbblet
23	Nehézségi	200' \times 50'	Részletes felmérés	7,6	Szalag-modell
24	Nehézségi	500' \times 100'	Áttekintő kutatás	3,2	Reziduálok
24	Nehézségi	500' \times 100'	Áttekintő kutatás	4,6	Tömegettöbblet
24	Nehézségi	500' \times 100'	Áttekintő kutatás	—	—
16A	Nehézségi	1000' \times 100'	Áttekintő kutatás	5,6	Tömegettöbblet
16A	Nehézségi	300' \times 100'	Részletes felmérés	5,9	Tömegettöbblet
16S	Nehézségi	1000' \times 100'	Áttekintő kutatás	4,9	Tömegettöbblet
16S	Nehézségi	300' \times 100'	Részletes felmérés	4,2	Tömegettöbblet
103	Nehézségi	300' \times 100'	Részletes felmérés	6,3	Tömegettöbblet
103	Nehézségi	500' \times 100'	Áttekintő kutatás	6,1	Szalag-modell
8	Nehézségi	1000' \times 100'	Áttekintő kutatás	0,74	Tömegettöbblet
9	Nehézségi	1000' \times 100'	Áttekintő kutatás	2,35	Tömegettöbblet

Számított fém tartalom	Hivatkozás	A telep neve	Igazolt mennyiség ($\times 10^6$ tonna)	Fém tartalom (% Fe)
—	3, 13	Fleming 10		
—	15	Fleming 10		
—	26	Timmins 2		
—	36	Timmins 2		
—	36	Timmins 2	6,4	
65	23	Fleming 10		62,3
—	31	Timmins 2		
—	32	Timmins 2		
—	38	Timmins 2		
—	37	Timmins 2		
—	15	Timmins 6		
—	40	Timmins 6	8,6	
—	27, 34	Lance Ridge		54,6
—	58	Lance Ridge	10,2	
—	13	Fleming 3	4,1	
—	15	Fleming 3		
66	22	Fleming 3		64,3
59,6	57	Timmins 7	3,7	
—	59, 61	Timmins 7		54,7
53,6	57	Timmins 8		55,8
—	59, 61	Timmins 8	2,5	
—	58	Névtelen		59,3
61,8	57	Névtelen	4,4	
53,6	57	Sawmill A	1,1	56,8
55,55	57	Sawmill B	1,5	57,3

- [42] *Seguin, M. K.*: (1971a) – Appraisal and interpretation of the Wishart – Ruth Lake – Ferriman – Denault region covering the area surveyed by Huntce Limited in the summer of 1968. Open file report to IOCC, January 3rd, 1971, 15 pp.
- [43] *Seguin, M. K.*: (1971b) – Quantitative surface interpretation of Anomaly No: 39 and gravimetric map sheets No: 20 – 12G, No: 20 – 13G and No: 19 – 13G. Open file report to IOCC, June 24th, 1971, 16 pp.
- [44] *Seguin, M. K.*: (1971c) – Re-evaluation of the gravimetric anomalies and comments on the preliminary results of the test drilling programme in the Upper Fleming – Timmins area. Open file report to IOCC, October 1st, 1971, 5 pp.
- [45] *Seguin, M. K.*: (1971d) – Proposals and recommendations for the different geophysical subjects dealt with for the development section. Open file report to IOCC, December 15th, 1971, 6 pp.
- [46] *Seguin, M. K.*: (1971e) – A proposed computer system for the reduction and the computation of data from standard gravimetric surveys. Open file report to IOCC, July 16th, 1971, 7 pp.
- [47] *Seguin, M. K.*: (1971f) – Proposals and recommendations for the 1972 field work program. Open file report to IOCC, December 15th, 1971, 6 pp.
- [48] *Seguin, M. K.*: (1971g) – Procedure and handling of technical problems related to the downward continuation of the Triangle Lake – Upper Fleming gravimetric surveys. Open file report to IOCC, December 18th, 1971, 11 pp.
- [49] *Seguin, M. K.*: (1971h) – Preliminary interpretation of regional, residual, four first derivatives, three second derivatives and five downward continuations as well as five upper continuations of the Bouguer gravity maps of block B (Lower Fleming area). Open file report to IOCC, August 8th, 1971, 4 pp.
- [50] *Seguin, M. K.*: (1971i) – Appraisal and suggestions for further geophysical work in the summer of 1972. Open file report to IOCC, August 8th, 1971, 4 pp.
- [51] *Seguin, M. K.*: (1971j) – Description of the reduction and the computation of the data in standard gravimetric surveys. Open file report to IOCC, July 10th, 1971, 7 pp.
- [52] *Seguin, M. K.*: (1971k) – Discussion of the 1972 geophysical programme in the Schefferville area. Open file report to IOCC, October 3rd, 1971, 3 pp.
- [53] *Seguin, M. K.*: (1971l) – Quantitative interpretation of the regional, residual, surface first derivative, downward continued first derivatives, surface second derivative, downward continued second derivatives and downward continuations of the gravity data on the Triangle Lake – Upper Fleming area (block A). Open file report to IOCC, July 21, 1971, 17 pp.
- [54] *Seguin, M. K.*: (1971m) – Quantitative interpretation of the regional, residual, surface first derivative, downward continued first derivatives, surface second derivative, and downward continued second derivatives and downward continuations of the gravity data of line 60 (Timmins # 4 and # 6 deposits) on the Triangle Lake – Upper Fleming area (block A). Open file report to IOCC, July 27th, 1971, 7 pp.
- [55] *Seguin, M. K.*: (1972a) – Evaluation and interpretation of the gravity survey in the Kivivie – Goodwood area. Open file report to IOCC, August 8th, 1972, 13 pp.
- [56] *Seguin, M. K.*: (1972b) – Ground magnetic survey data (calculations and corrections) in the Gagnon to Retty Mine (Ferriman – Fleming Baseline) area. Open file report to IOCC, July 31, 1972, 24 pp.
- [57] *Seguin, M. K.*: (1972c) – Quantitative interpretation of gravity and ground magnetic data of some 12 deposits in the Knob Lake Mining district area. Open file report to IOCC, July 26, 1972, 61 pp.
- [58] *Seguin, M. K.*: (1972d) – Quantitative interpretation of ground micro-gravity and magnetic surveys conducted during the summer field season of 1972 over the Lance Ridge, Fleming 7 deposits and Anomaly No: 103. Open file report to IOCC, August 17, 1972, 47 pp.
- [59] *Seguin, M. K.*: (1972e) – Quantitative interpretation of the micro-gravity and ground magnetic surveys on the Timmins # 7 and # 8 deposits. Open file report to IOCC, August 1972, 11 pp.
- [60] *Seguin, M. K.*: (1972f) – Future development of geophysical exploration in the Schefferville area. Open file report to IOCC, August 31, 1972, 9 pp.
- [61] *Seguin, M. K.*: (1972g) – Report on the quantitative interpretation of the gravity and magnetic surveys on the Timmins # 7, Timmins # 7 – W and Fleming # 9 deposits. Open file report to IOCC, August 28, 1972, 8 pp.
- [62] *Seguin, M. K.*: (1972h) – Computer programs used for the reduction(s) and corrections of data from standard gravimetric, ground magnetic and ground electromagnetic surveys. Open file report to IOCC, August 4th, 1972, 12 pp.
- [63] *Seguin, M. K.*: (1973a) – Semi-quantitative interpretation of the gravity and ground magnetic data in the Redmond # 2 area (on the east side). Open file report to IOCC, September 1st, 1973, 2 pp.

- [64] *Seguin, M. K.*: (1973b) — Summary of the different discussions held in Schefferville and related to the current geophysical surveys. Open file report to IOCC, March 5th, 1973, 17 pp.
- [65] *Seguin, M. K.*: (1973c) — Re-interpretation of gravity and ground magnetic data on Anomaly No: #103. Open file report to IOCC, August 31, 1973, 9 pp.
- [66] *Seguin, M. K.*: (1974) — Appraisal and semi-quantitative interpretation of the Gagnon — Retty Mine 1972–73 combined gravity and ground magnetic survey. Private report to IOCC, June 15th, 1974, 20 pp.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Александров Б. Д.</i> : Некоторые результаты количественной оценки поровых давлений геофизическими методами на площадях юго-восточной части ВНР	41
<i>Денеш Сендрё</i> : Согласование по глубинке каротажных диаграмм при помощи ЭВМ	51
<i>М. К. Сегэн</i> : Поиск железной руды пригодной для употребления без обогащения с помощью геофизического метода	57
Новости в ошества Венгерских геофизиков	50, 56

CONTENTS

<i>B. L. Alexandrov</i> : Some results of the application of quantitative pore-pressure estimation made by means of geophysical methods to some sites in Southeast Hungary	41
<i>D. Szendrő</i> : Computerized relative depth correlation of well logging profiles	51
<i>M. K. Seguin</i> : Prospecting of direct shipping iron ore by geophysical methods	57
News about the Association	50, 56

MAGYAR GEOFIZIKA

A szerkesztésért felelős: Dr. Sebestyén Károly

A szerkesztőség címe: 1368 Budapest VI., Anker köz 1. Telefon: 429-754

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, 1073 Budapest, Lenin körút 9–11. Telefon: 429-350. Levélcím: 1906 Budapest. Pf. 223

Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató

80.203. Állami Nyomda, Budapest. Felelős vezető: Bresztovszky Péter igazgató

Terjeszti a MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

Egyesületi tagoknak tagdíj ellenében

Megjelenik évente hatszor

